

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES
EXPERIMENTALS

EL CAMBIO EN LA EPISTEMOLOGÍA Y EN LA PRÁCTICA
DOCENTE DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE
QUÍMICA

CARLOS JAVIER MOSQUERA SUÁREZ

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Servei de Publicacions
2008

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 17 de juny de 2008 davant un tribunal format per:

- D. Vicente Mellado Jiménez
- D. Jordi Solbes Matarredona
- D^a. M^a Carmen Fortes del Valle
- D. Valentín Gavidia Catalán

Va ser dirigida per:
D. Carles Furió Mas

©Copyright: Servei de Publicacions
Carlos Javier Mosquera Suárez

Depòsit legal:

I.S.B.N.: 978-84-370-7244-9

Edita: Universitat de València
Servei de Publicacions
C/ Artes Gráficas, 13 bajo
46010 València
Spain
Telèfon: 963864115

UNIVERSITAT DE VALENCIA



**DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES
EXPERIMENTALS I SOCIALS**

**EL CAMBIO EN LA EPISTEMOLOGÍA Y EN LA PRÁCTICA DOCENTE
DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

CARLOS JAVIER MOSQUERA SUÁREZ

Dirigida Por: Dr. Carles Furió Más

Valencia, 2008

CARLES FURIÓ MÁS, Doctor en Ciencias Químicas y Catedrático de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Valencia

CERTIFICA, que la presente memoria, con el título **“EL CAMBIO EN LA EPISTEMOLOGÍA Y EN LA PRÁCTICA DOCENTE DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA”**, ha sido realizada por **CARLOS JAVIER MOSQUERA SUÁREZ** bajo mi dirección, y constituye la Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Químicas.

Para que así conste, y en cumplimiento de la legislación vigente, se presenta esta memoria de Tesis Doctoral, firmando el presente certificado en Valencia, a febrero de 2008

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento:

- A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por su vocación hacia la formación inicial y continuada de profesores investigadores y por su apoyo para poder realizarme como Doctor en Ciencias Químicas – Didáctica de las Ciencias Experimentales.
- A la Universidad de Valencia, por su acogida y apoyo para la realización de esta investigación doctoral.
- Al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Valencia y a todos sus profesores, por sus enseñanzas y por contribuir a cambiar mis concepciones y mis prácticas como profesor universitario de química.
- A mi esposa Liana Victoria y a mis hijos Juan Pablo y Jaime Andrés (el valencianito) por su apoyo, comprensión y paciencia en tanto logré la realización de esta investigación doctoral.
- A Carles Furió Más, director de este trabajo, profesor y amigo, de quien he recibido invaluable enseñanzas, formación de mi espíritu científico y trabajo en equipo sin lo cual no hubiera sido posible adelantar esta investigación.
- A los profesores de Química de la carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por su colaboración en el desarrollo de esta investigación y por su apertura al cambio didáctico.
- A mis Padres, por su comprensión y por el ánimo que siempre me han brindado en mi Proyecto de Vida: mi ejercicio profesional como profesor de ciencias.

PRESENTACIÓN E ÍNDICE

La Didáctica de las Ciencias se ha desarrollado vertiginosamente hasta el punto de reconocérsele en la actualidad como disciplina con cuerpo teórico propio, teniendo en cuenta entre otros indicadores los resultados de las investigaciones que sobre la enseñanza del aprendizaje en las ciencias se han logrado principalmente en las últimas dos décadas (Furió, 1994; Gil et al, 1999).

En este sentido podemos afirmar, que la Didáctica de las Ciencias contextualiza su expansión teórica y sus desarrollos prácticos en la investigación asociada a los problemas de la Educación en general y particularmente a problemas de la Educación Científica y Tecnológica. Caracterizaciones históricas sobre el desarrollo conceptual y aplicado en la Didáctica de las Ciencias, se han venido elaborando con autores tales como Gil et al (1999-b) y Porlán (1998). Con el valioso aporte de estos trabajos, hoy es posible comprender la evolución de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, especialmente por la importancia concedida a la Educación Científica como factor de desarrollo cultural y por el fracaso escolar que no ha podido explicarse o evitarse desde modelos habituales en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias, aún tratando explícitamente de abordar experiencias de trabajo con los estudiantes que pudieran ser promisorios en sus aprendizajes de las ciencias.

La creciente necesidad de una Educación Científica de calidad que reclama el mundo contemporáneo, se ha debido justamente a que progresivamente *hablar de* y *vivenciar* los avances científicos, desarrollos tecnológicos y cambios fundamentales en nuestras vidas gracias a los impactos del conocimiento científico y tecnológico, son aspectos cada vez más explícitos en la vida cotidiana; es así como variados aspectos del desarrollo social y cultural de las naciones y del mundo en general, nos plantea serios retos para acceder a una alfabetización en ciencias que supere la simple preparación de estudiantes para niveles educativos superiores (Pozo et al, 1999; Furió et al 2000).

Los Profesores y los Estudiantes de Ciencias, para asumir estas responsabilidades que hoy por hoy son retos que sobrepasan los límites de las

aulas de clases y que más bien han de asumirse como factores de desarrollo y al mismo tiempo, de supervivencia de la especie humana en nuestro planeta, debemos ser coherentes con los principios y propósitos actuales de una Educación Científica verdaderamente innovadora; para ello, tenemos que comprometernos en una empresa común que favorezca cambios en nuestras concepciones y prácticas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, transformaciones que para ser posibles han de tener en cuenta especialmente los resultados de la investigación y la innovación producidas en el campo disciplinar de la Didáctica de las Ciencias.

En lo que respecta a la investigación sobre formación de profesores, uno de los factores que más ha contribuido desde la Didáctica de las Ciencias y cuyos resultados justamente nos permite caracterizarla como una disciplina emergente (Gil et. al, 1999), ha sido plantearse y reflexionar argumentadamente sobre todo aquello que hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias (Gil, 1991). De hecho se puede afirmar que como factor fundamental para un desarrollo significativo de la Educación Científica, en la actualidad los profesores de ciencias interesados en este ámbito particular, hemos logrado consensos más o menos generales en el sentido de considerar con toda atención la problemática asociada con la formación inicial y permanente de los profesores de ciencias. Es así como se piensa en la actualidad que la formación del profesorado de ciencias, ha de tener en cuenta estudios rigurosos para reconocer e intervenir sobre características propias de las concepciones, las actitudes, los valores y los esquemas de acción del profesorado que en general, podríamos afirmar corresponden a una “epistemología docente” y que justamente ha sentado las bases para comprender las actuaciones propias de la práctica docente del profesorado (Furió et. al, 2001).

En el marco de las investigaciones en Didáctica de las Ciencias, y concretamente en la línea de formación de profesores, uno de los grandes avances que se ha podido identificar es el reconocimiento de grandes bloques de conocimientos necesarios para resolver la cuestión relativa a la

identificación y caracterización de lo que se denomina hoy en día "pensamiento docente espontáneo o pensamiento docente de sentido común" (Furió, 1992).

De hecho, el auge de la investigación didáctica aplicada a la formación de profesores ha sido importante en la última parte de la década de los noventa, pues tal y como afirma Furió (1994), se está pasando de investigar lo que piensa y hace el alumno hacia lo que piensa y hace el profesor. La investigación acerca de la epistemología docente cotidiana, es hoy un valor asociado importante a procesos educativos innovativos desde la Didáctica de las Ciencias en cuanto a la formación de profesores, en la medida que nuestros conocimientos acerca de las concepciones, las actitudes y las prácticas de los profesores acerca de la enseñanza de las ciencias, nos ha permitido identificar algunas características que pueden darnos cuenta de dicha epistemología del sentido común en la docencia y que nos ha ayudado a sentar las bases para la identificación de una serie de rutas curriculares probables, que orientadas desde el cuerpo teórico y disciplinar de la Didáctica de las Ciencias, podrían favorecer cambios didácticos, los cuales se asocian justamente con la esperanza de la identificación y consolidación de una nueva epistemología del docente.

Así las cosas, en esta memoria se concibe la premisa que, a través de intervenciones curriculares cuidadosas y argumentadas en los desarrollos propios de la Didáctica de las Ciencias, puestos en práctica en programas de formación inicial y continuada de profesores de ciencias, podríamos transformar no solo sus concepciones, sino también sus actitudes y sus prácticas hacia la enseñanza de las ciencias lo cual puede consolidar una nueva estructura epistemológica del docente desde la cual se favorezcan y alcancen resultados diferentes en los aprendizajes de las ciencias. Estos resultados podrían ser innovadores en la medida que permitan contribuir al aprendizaje de un conocimiento científico humanizado y también a que los estudiantes lo apropien con la rigurosidad del pensamiento y de la metodología científica al tiempo que desarrollan actitudes positivas hacia la ciencia y hacia su aprendizaje.

De hecho, debemos lograr pasar de una Didáctica de las Ciencias diseñada exclusivamente para el aprendizaje de teorías y conceptos, a otra que favorezca en los estudiante la fundamentación conceptual, actitudinal y metodológica necesarias para formar sensibilidad crítica en relación con asuntos de trascendencia humana como lo son la preservación del entorno, la erradicación de la pobreza y el respeto a las diferencias entre otros grandes propósitos de una sociedad global contemporánea. En fin, se trata de favorecer una formación de profesores que les brinde, mediante la reflexión y construcción personal orientada, las herramientas teóricas, epistemológicas, históricas y sociales asociadas con el conocimiento y las prácticas científicas y didácticas, para que a su vez coadyuven con la formación de nuevas generaciones de ciudadanos, capaces de apropiarse y valorar significativa y comprensivamente conocimientos y aplicaciones de las ciencias en nuestras vidas personales y sociales y que reconozcan el conocimiento científico como otra forma de desarrollo cultural entre muchas otras perspectivas disciplinares, así como también como factor de disgregación social si sus aplicaciones se usan con otros fines (bélicos, de exclusión social, etc.).

Producto de todo lo anterior, comienza a surgir en la actualidad un interés creciente por proyectar y llevar a la práctica reformas curriculares en Educación Científica que consideren e impulsen la investigación en Didáctica de las Ciencias (Furió y Gil, 1999), favoreciendo la participación del profesorado en la construcción de estos nuevos conocimientos en Didáctica de las Ciencias.

En resumen, siendo consecuentes con diversas investigaciones que han demostrado que los profesores, al igual que los estudiantes, tenemos ideas previas, consideramos aquí una equivalencia entre el aprendizaje de las ciencias de los estudiantes y el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias en los Profesores de Ciencias. De hecho, así como el aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes, se considera desde modelos didácticos contemporáneos como un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico, de igual forma consideramos el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias por parte de profesores, en este caso entendido como un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y

ontológico, aplicado a la enseñanza, es decir, entendido en general como un cambio didáctico (Furió, 1994).

En consonancia con lo anterior y por ser esta investigación parte de la línea de formación de profesores de ciencias, se propone en los siguientes términos el primer problema central de investigación: *¿Cuáles han de ser las características curriculares de un programa de formación de profesores universitarios de química que fundamentadas en los desarrollos recientes de la Didáctica de las Ciencias, favorezcan cambios hacia una epistemología personal y hacia prácticas docentes próximas a modelos de enseñanza de las ciencias de orientación constructivista?*

Esta situación problemática nos conduce a pensar en resolver las siguientes preguntas subsidiarias:

- ¿Cuáles son las visiones de los profesores que forman parte de esta investigación sobre la actividad científica de la química?
- ¿Cuáles son las visiones de los profesores que forman parte de esta investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química?
- ¿Cuáles son las actitudes hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias que manifiestan los profesores universitarios de química que pensamos tratar en esta investigación?
- ¿Cuáles son los esquemas de acción que en la práctica docente emplean los profesores universitarios de química que forman parte de esta investigación?

En consecuencia, la primera hipótesis (H1) planteada en esta investigación es la siguiente:

Los conocimientos, las actitudes y la práctica docente de los profesores universitarios de química, corresponden a una epistemología docente y a una práctica docente próximas a modelos de enseñanza de las ciencias espontáneos o tradicionales, fruto de visiones simplistas sobre la ciencia, sobre la enseñanza de la ciencia y sobre su aprendizaje.

En la medida en que podamos resolver aspectos propios de la primera hipótesis H1, estaremos en la posibilidad de considerar que es posible idear un programa de formación continuada de profesores universitarios de química que estructurado como programa de actividades coherente con la investigación y la innovación didáctica de orientación constructivista, involucre los aportes recientes de la historia y la epistemología de las ciencias y favorezca cambios significativos en la epistemología docente y en la práctica docente. En tal caso nos planteamos un segundo problema central de investigación:

¿Cuáles pueden ser las dificultades y los logros de cambio en la epistemología docente y en la práctica docente, conseguidos en docentes universitarios de química?

Para ello planteamos, en consecuencia, la segunda hipótesis general H2:

Un programa de formación de profesores universitarios de química que les permita trabajar en equipos cooperativos e involucrarse en los resultados de la investigación y la innovación en didácticas las ciencias, facilitará en estos profesores un cambio didáctico entendido como un cambio en la epistemología y en la práctica docente, de manera que sus concepciones sobre la naturaleza de la química y sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química, sus actitudes hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y sus esquemas de acción previstos en relación con la actividad docente y con un trabajo del aula, podrán estar más próximos a orientaciones didácticas de naturaleza constructivista.

Es importante resaltar en esta investigación, que el tratamiento experimental se ha realizado con cuatro (4) profesores de química, formados como tales en

universidades colombianas y extranjeras, con estudios postgraduales a nivel de especialización, maestría o doctorado en campos de la química. Cada uno de ellos, acredita una importante experiencia en la investigación química así como un importante número de años dedicados al ejercicio de la enseñanza de la química. El grupo de docentes que participó en esta investigación, dedica su trabajo en los siguientes campos (se ha ubicado uno de cada campo de tal forma que son profesores que en general, enseñan química básica en primeros años de Licenciatura en Química y a su vez, imparten docencia y realizan investigación en ámbitos especializados de la Química en últimos años del mencionado programa de Licenciatura): Análisis Instrumental Químico, Química Orgánica, Bioquímica y Química Inorgánica.

El Consejo de la Facultad a la que pertenece la carrera de Licenciatura en Química (Facultad de Ciencias y Educación), aprobó tiempos oficiales de participación de estos docentes en el programa a emprender por el investigador candidato a doctor en Didáctica de las Ciencias, de forma tal que se contó con un grupo de docentes interesados en esta actividad y con tiempo oficial destinado a la misma.

Para el desarrollo de las expectativas planteadas en esta investigación, la presente memoria se organiza en capítulos. En el capítulo primero se aborda el planteamiento del problema. Allí se presenta, la importancia del problema que se aborda en esta investigación, se describen algunas investigaciones sobre el desarrollo profesional del profesor de ciencias y se presenta el problema planteado en esta investigación.

En el capítulo segundo, se presenta la Emisión y Fundamentación de las Hipótesis (H1 y H2) de la investigación. El capítulo inicia con una introducción, siguiendo con la emisión de las hipótesis de la investigación para pasar luego a la fundamentación de dichas hipótesis. Posteriormente se desarrollan algunas reflexiones en torno a las competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias y a la epistemología docente convencional como impedimento para el cambio; se tratan algunas visiones deformadas sobre la

naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza, se hace un análisis crítico de los modelos de formación del profesorado de ciencias para llegar a considerar las características de “modelos eficaces” que pueden favorecer el desarrollo profesional docente.

En el capítulo tercero, se presenta como hilo conductor de esta memoria, la Operativización de la primera hipótesis y diseño experimental para ponerla a prueba. Allí se presentan las consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias así como las consecuencias contrastables relativas a la práctica docente habitual de los profesores de ciencias. De igual forma y en relación con la epistemología docente y la práctica docente habituales, se presentan los diseños experimentales utilizados para la contrastación de la primera hipótesis. Este capítulo termina con la presentación de los rasgos personales de la muestra de profesores universitarios a los que se aplicaría el diseño experimental.

En el capítulo cuarto, se hace la Presentación y análisis de resultados acerca de la Contrastación de la primera hipótesis H1, mostrando los resultados obtenidos en torno a las características de la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias y en cuanto a las características de la práctica docente habitual de los profesores de ciencias.

En el capítulo quinto, se presenta la operativización de la segunda hipótesis y los diseños experimentales para su contrastación; para ello se hace un análisis apoyado en consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente de los profesores de ciencias coherente con la investigación didáctica actual. De igual forma se consideran consecuencias contrastables relativas a la práctica docente de los profesores de ciencias apoyadas en la investigación didáctica actual. En relación con la epistemología docente y la práctica docente deseables, se presentan los diseños experimentales utilizados para la contrastación de la segunda hipótesis dedicando especial énfasis a la concepción y desarrollo del programa de formación de profesores de ciencias implementado en esta investigación.

En el capítulo sexto, se hace la Presentación y análisis de los resultados acerca de la contrastación de la segunda hipótesis H2, mostrando los resultados obtenidos en torno al cambio didáctico en la epistemología personal docente de los profesores de ciencias intervenidos, así como en el cambio didáctico en la práctica docente del grupo de profesores que participó en el programa de formación asociado con esta investigación.

Finalmente, en el Capítulo séptimo, se presentan las Conclusiones y nuevas perspectivas de la investigación en Didáctica de las Ciencias en el campo de la formación de profesores de ciencias. Allí se esbozan las conclusiones de esta investigación relacionadas con el cambio didáctico del profesor, es decir con los cambios de naturaleza conceptual, actitudinal y metodológica llevados a cabo por los profesores que formaron el grupo de intervención, se explican las razones de este cambio y se analizan a la luz de las transformaciones en la epistemología y en la práctica docente.

Como cierre de esta memoria, se presenta la Bibliografía y los Anexos correspondientes.

INDICE

PRESENTACIÓN E ÍNDICE	1
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1. Introducción	21
1.2. Importancia del problema que se aborda en esta investigación	27
1.3. Investigaciones sobre el desarrollo profesional del profesor de ciencias	32
1.4. Problema planteado en esta investigación	67
CAPÍTULO 2. EMISIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS (H1 Y H2) DE LA INVESTIGACIÓN	71
2.1. Introducción	73
2.2. Emisión de las Hipótesis de la investigación	74
2.3. Fundamentación de las Hipótesis	75
2.3.1. Competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias	76
2.3.2. La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio	91
2.3.3. Visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza	104
2.3.4. Análisis crítico de modelos de formación del profesorado de ciencias	112
2.3.5. Características de modelos eficaces que favorezcan el desarrollo profesional docente	123

2.4. Recapitulación	131
CAPÍTULO 3. OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS Y DISEÑO EXPERIMENTAL PARA PONERLA A PRUEBA	137
3. OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS Y DISEÑO EXPERIMENTAL PARA PONERLA A PRUEBA	139
3.1. Consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente habitual de los Profesores de Ciencias	139
3.1.1. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la actividad científica desde la perspectiva de la docencia habitual.	141
3.1.2. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la docencia habitual.	143
3.1.3. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica desde la perspectiva de la docencia habitual.	144
3.2. Consecuencias contrastables relativas a la práctica docente habitual de los Profesores de Ciencias.	146
3.3 Diseños experimentales utilizados para la contrastación de la primera hipótesis	147
3.3.1. Cuestionario para la caracterización de la epistemología docente habitual de los profesores de ciencias.	147
3.3.1.1. Concepciones y actitudes habituales sobre la ciencia y sobre la actividad científica.	147

3.3.1.2. Concepciones y actitudes habituales sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.	149
3.3.1.3. Concepciones y actitudes habituales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica.	150
3.3.2. Rejilla de observación para la caracterización de esquemas de acción habituales en la práctica docente.	153
3.4. Rasgos personales de la muestra de profesores universitarios a los que se aplicaría el diseño experimental.	154
CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS H1	157
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS H1	159
4.1. Resultados en torno a las características de la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias	160
4.1.1. Resultados individuales en torno a las características de la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias	161
4.1.2. Análisis general en torno a las características de la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias	182
4.2. Resultados en torno a las características de la práctica docente habitual de los profesores de ciencias	185
4.2.1. Resultados individuales en torno a las características de la práctica docente habitual de los profesores de ciencias	186
4.2.2. Análisis general en torno a las características de la práctica docente habitual de los profesores de ciencias	196

CAPÍTULO 5. OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA SU CONTRASTACIÓN	199
5. OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA SU CONTRASTACIÓN	201
5.1. Consecuencias contrastables del Programa de Actividades a seguir con los profesores que intervendrán en esta investigación.	203
5.2. Consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente de los Profesores de Ciencias coherente con la Investigación actual	205
5.2.1. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la actividad científica desde la perspectiva de una docencia innovadora.	206
5.2.2. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de una docencia innovadora.	208
5.2.3. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica desde la perspectiva de una docencia innovadora.	210
5.3. Consecuencias contrastables relativas a la práctica docente innovadora de los Profesores de Ciencias.	213
5.4. Consecuencias contrastables relativas a la inmersión en la investigación didáctica por parte de los profesores intervenidos en esta investigación.	215
5.5. Diseños experimentales utilizados para la contrastación de la segunda hipótesis	215
5.5.1. Cuestionario para la caracterización de la epistemología docente innovadora de los profesores de ciencias.	216

5.5.1.1. Concepciones y actitudes innovadoras sobre la ciencia y sobre la actividad científica.	216
5.5.1.2. Concepciones y actitudes innovadoras sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.	218
5.5.1.3. Concepciones y actitudes innovadoras sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica.	220
5.5.2. Rejilla de observación para la caracterización de esquemas de acción innovadores en la práctica docente.	222
5.6. Programa de formación de profesores seguido para promover el cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química.	224
CAPÍTULO 6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS H2	235
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS H2	237
6.1. El cambio didáctico en la epistemología personal docente de los profesores de ciencias intervenidos	237
6.1.1. Resultados individuales en torno al cambio didáctico en la epistemología personal docente de los profesores de ciencias intervenidos.	240
6.1.1.1. Resultados obtenidos luego de la aplicación del cuestionario final.	240
6.1.1.2. Resultados obtenidos luego de la aplicación de las entrevistas finales.	274
6.2. El cambio didáctico en la práctica profesional docente de los Profesores de Ciencias intervenidos	289

6.2.1. Resultados individuales en torno a las características de una práctica docente innovadora de los profesores de ciencias	290
6.2.2. Análisis general en torno a las características de una práctica docente innovadora de los profesores de ciencias	311
6.3. Resultados en cuanto a la inmersión en la investigación de los profesores intervenidos	312
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	313
7. Conclusiones y recomendaciones	315
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	331
ANEXO 1. EL PROGRAMA DE FORMACIÓN DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA	359
ANEXO 2. RESULTADOS DE LA ENTREVISTA APLICADA A PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA DESPUÉS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL PROGRAMA DE ACTIVIDADES	539
ANEXO 3. PRESENTACIÓN DE ALGUNOS APORTES A LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA ELABORADOS POR LOS PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA INTERVENIDOS	585

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

Una vez desarrolladas en la Presentación de esta memoria las problemáticas a abordar en esta investigación en relación con posibles caminos a seguir para favorecer cambios didácticos en profesores universitarios de química, y habiendo presentado el orden que se sigue para su desarrollo, se aborda en este capítulo el planteamiento del problema. Es de destacar aquí su relevancia, pues se trata de una investigación que procura favorecer que profesores universitarios de química, encargados de la formación inicial de profesores de química, se aproximen conscientemente y por tanto vivencien, una enseñanza de las ciencias más próxima a la investigación y a la innovación contemporánea en Didáctica de las Ciencias Experimentales. En tal sentido, resulta ser relevante el concepto de cambio didáctico, el cual se fundamenta y se desarrolla en esta investigación.

Campanario (2002) muestra cómo la mayoría de los intentos sistemáticos por la formación permanente del profesorado se dirige a profesores de otros niveles educativos, pero se evidencia efectivamente que la formación permanente del profesorado universitario ha sido muy débil; de hecho tan solo pueden indicarse algunos pocos intentos de cómo podría ser una alternativa de propuesta de formación a profesores en este campo de conocimiento; todo ello resulta más problemático si se tiene en cuenta que los propios profesores de ciencias encargados de la formación inicial de profesores de ciencias, no consideran aún la importancia de apropiarse de conocimientos propios de la Didáctica de las Ciencias justamente por las epistemologías que asumen y por las concepciones de ciencia que suponen. De hecho este autor muestra cómo prácticamente es indiferenciable ciencias y enseñanza de las ciencias. Esta situación se pondrá de manifiesto cuando entremos a discutir acerca de las características fundamentales de la práctica docente habitual de los profesores universitarios de ciencias y acerca de las concepciones implícitas que se evidencian en sus prácticas docentes.

Ha resultado muy interesante encontrar que cuando se indaga a un Profesor Universitario de Ciencias acerca de la estructura básica que debe tener una investigación dirigida a la búsqueda de soluciones desde paradigmas propios del conocimiento científico, se refieren en general a la importancia de asumir estrictos

niveles de rigurosidad que suponen el planteamiento de hipótesis, revisión teórica de problemas afines abordados anteriormente, diseños metodológicos rigurosos, identificación de variables claramente establecidas, desarrollo de prácticas experimentales sistemáticas, análisis cuidadoso de datos, entre otros elementos de la investigación. Sin embargo, cuando se les pregunta por sus actuaciones que habitualmente desarrollan en el aula de clase en el marco de un proceso de enseñanza de las ciencias, en su mayoría olvidan el papel fundamental de las hipótesis, del planteamiento de problemas, del diseño de variables, de revisiones previas, del papel de las teorías para interpretar datos experimentales, de la necesidad de comunicar los resultados y de validarlos respecto a trabajos similares, etc. Esta diferencia, se debe a que los profesores habitualmente suponen que el conocimiento científico se desarrolla por la vía de la investigación (incluso, enfocada desde posturas de naturaleza positivista y empirista), mientras que la enseñanza de las ciencias se desarrolla por la vía de la información y la comunicación unidireccional del trabajo que científicos han realizado en el pasado o realizan en la actualidad.

Aquí se encuentra nuevamente la compatibilidad de estos resultados con algunas de las ideas que destaca Campanario (2002), en la cual se hace mención al facilismo que implica la enseñanza y a la rigurosidad que en cambio debe tener una investigación científica propiamente dicha.

Se desconocen en consecuencia por parte del profesorado universitario de ciencias los resultados de la investigación y la innovación actual en Didáctica de las Ciencias, concretamente en el campo específico de la formación de profesorado, así como particularmente los intentos por cambiar las estructuras que sustentan la epistemología docente. Esta ha sido una de las razones que justifican la presente investigación, ya que se ha propuesto promover cambios significativos en las concepciones y en las prácticas docentes de los profesores universitarios de ciencias para evidenciar si esas modificaciones permiten que efectivamente, en la práctica denoten otras actitudes hacia la enseñanza de las ciencias, el aprendizaje de las ciencias, la evaluación en ciencias, el currículo para la formación en ciencias y el papel de la formación de ciudadanos y ciudadanas que se apropian de una cultura tal como la científica y el impacto que puede ésta tener en el desarrollo de las

sociedades. En últimas, se trata de explorar si es posible que una investigación dirigida a la formación de profesores universitarios de ciencias fundamentada desde las reflexiones contemporáneas en Didáctica de las Ciencias, puede contribuir a considerar que la educación científica es una actividad investigativa seria y compleja que no queda reducida a la simple transmisión verbal de teorías científicas.

En un trabajo precedente elaborado por Calatayud, Gil y Gimeno (1992), justamente se hacía mención a cómo en general el profesorado universitario de ciencias supone que su actividad se hace suficiente conociendo el conocimiento científico que va enseñar, acompañado de algo de sentido común, experiencia y algunos complementos sobre educación.

Meléndez (1996), citado por Campanario (2002), señala que el extenso uso que se hace de la lección unidireccional se debe a la rapidez y sencillez para la transmisión de conocimientos pese a sus conocidos inconvenientes. Así pues, queda en evidencia si efectivamente la práctica docente que habitualmente desarrolla el profesorado universitario de ciencias, especialmente el profesorado encargado de la formación inicial de profesores de ciencias, se considera como una auténtica actividad profesional, esto es, como una actividad centrada en conocimientos sistemáticamente elaborados que vienen siendo resultado, por supuesto, de investigaciones en el campo de la educación científica.

Habitualmente el trabajo docente, se podría decir, queda más cercano a lo que es un oficio donde juega más la experiencia, el ensayo y el error, por tanto la búsqueda acrítica de alternativas que el profesor va encontrando le pueden dar mejores resultados en ciertos momentos sin la debida fundamentación y esencialmente sin la debida evidencia de lo que tiene que considerarse al momento de programar y planificar el acto educativo.

El autor comparte una conclusión clara en el trabajo propuesto por Campanario (2002), cuando cita que "sin duda sabemos muy poco sobre los profesores universitarios de ciencias y por tanto necesitamos investigar y aprender más sobre ellos, sobre sus concepciones y hábitos docentes, sobre sus actitudes y

motivaciones y sobre sus estrategias de enseñanza", no tanto para lamentar sus vicios o malos hábitos que como afirma Campanario nos conducen a "llorar la falta de exigencia de una formación pedagógica específica" y si más bien para averiguar el modo de acercarnos mejor a ellos.

Esta investigación se hace relevante, pues si se logran cambios didácticos significativos en profesores universitarios de química que adelantan su actividad docente en enseñanzas de la química a futuros profesores de esta disciplina, probablemente podrían contribuir a que no solo sus estudiantes aprendan de una mejor forma sus contenidos teóricos y prácticos, sino que podrían familiarizarse con nuevos enfoques de enseñanza de las ciencias que favorecieran el desarrollo de más y de mejores actitudes hacia las ciencias y hacia su enseñanza, y aproximaciones a modos de aprendizaje de teorías y conceptos y de trabajos prácticos con mayor nivel de significación y relevancia. En tal sentido, esta investigación procura desarrollar cambios didácticos asociados con el desarrollo de competencias profesionales docentes, coherentes como se ha dicho, con la investigación contemporánea en la línea de investigación en Didáctica de las Ciencias sobre formación del profesorado.

En este capítulo se muestra un balance general del desarrollo de esta línea de investigación en el contexto del desarrollo profesional de los profesores de ciencias y culmina luego de una breve fundamentación con la presentación de los problemas planteados en esta investigación.

Furió (2001), recuerda que la mayoría de los investigadores en Didáctica de las Ciencias no necesariamente proceden del campo de la psico-pedagogía, ni tampoco del dominio de la investigación en ciencias duras (física, química y biología); Jenkins (2001) nos recuerda que la investigación en Didáctica de las Ciencias y en general la mayoría de los investigadores en este campo, tienen en común ser profesores de ciencias en niveles escolares básicos, medios y superiores. Estos profesores provienen de las ciencias duras y otros han sido formados como especialistas en la enseñanza de las ciencias. En esta medida, podemos afirmar que a los investigadores que trabajan en el campo de la educación científica les compete una doble actividad profesional, por una parte desempeñándose como estudiosos de las

ciencias de la naturaleza, investigando y haciendo parte de las comunidades especializadas en ciencias naturales. Se desempeñan en consecuencia, desde una epistemología científica. Por otra parte, como profesores, procurando encontrar desde la enseñanza, caminos adecuados que conduzcan a aprendizajes eficaces de conocimientos científicos. Se desempeñan entonces, activando una epistemología docente.

En este sentido, diversos autores (Lederman y Zeidler, 1987; Milne y Taylor, 1995; Anderson y Mitchener, 1994) enfatizan que en la actualidad se hace absolutamente imprescindible que el profesor reconozca diferencias en los estatutos epistemológicos de su actividad (como miembro de las comunidades científicas y como miembro de las comunidades en educación científica). Las dos epistemologías, aunque relacionadas entre sí, poseen también sus especificidades propias en cuanto a las finalidades, metodologías y contexto de aplicación principalmente.

Así pues, la conformación de comunidad académica especializada en Educación Científica, la integra principalmente el profesorado de Ciencias de Educación Básica, Media y Superior, grupo de especialistas que ha de incorporar y/o desarrollar investigaciones e innovaciones en enseñanza de las ciencias, no sólo para hacerse partícipe de esta comunidad académica especializada, sino también para aportar a su desarrollo así como para salir al paso de la rutinización que implica una actividad docente atórica y centrada casi siempre en la transmisión verbal o en trabajo por descubrimiento inductivo.

Sin embargo, es bueno precisar que la conformación de comunidad académica especializada en Educación Científica, cuyo eje teórico y práctico de actuación es la Didáctica de las Ciencias, incluye profesionales provenientes de otros campos de conocimiento, principalmente expertos en pedagogía, psicología cognitiva, historia de las ciencias, filosofía de las ciencias y científicos. De hecho, vale mencionar que en la literatura especializada, y en los medios de difusión y eventos especializados en Educación Científica, encontramos autores de otras disciplinas que están aportando significativamente al campo disciplinar de la Educación Científica, lo cual demuestra el interés creciente por este ámbito de conocimientos.

Finalmente, hay una línea prioritaria que se viene desarrollando ampliamente y tiene que ver con la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias. Desde esta perspectiva, el profesor es considerado como un profesional de la educación y para el caso particular del profesorado de ciencias, un especialista en el dominio de un cuerpo de conocimientos didácticos sobre la educación científica. Ya desde el Handbook editado por Gabel (1994) es posible encontrar un capítulo titulado Research on Science Teaching Education, en el cual se hacen referencias a investigaciones sobre la formación del profesorado de ciencias; igualmente en el Handbook editado por Fraser y Tobin (1998) se encuentra un amplio apartado - Teacher Education- dedicado por completo a mostrar avances en las investigaciones sobre la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias. En la obra editada por Perales y Cañal (2000), Porlán, Rivero y Martín abordan aspectos importantes en la actualidad relacionados con investigaciones en formación de profesores; así mismo en las memorias del segundo congreso de la ESERA (Behrendt et al, 2001), hay un capítulo especial dedicado a temas sobre Teacher conceptions.

Uno de los casos particulares que ha llamado la atención de investigadores, es el estudio de las pre-concepciones docentes o lo que hoy en día denominamos concepciones docentes de sentido común (Furió, 1994). Son varios los autores que podemos encontrar han trabajado sobre este aspecto, entre los que se destacan Porlán (1989,1993), Gil et.al (1991), Hodson (1993), Gil y Pessoa de Carvalho (1998), Anderson y Mitchener (1994), Carnicer (1998), Munby y Russell (1998), Bell (1998), Mellado (1998, 1998 - b), Porlán y Rivero (1998), Furió y Gil (1999) y Fernández (2000).

El desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo de conocimiento nos ha permitido paulatinamente, evidenciar como hoy en día ya se encuentran en desarrollo nuevos modelos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, los cuales emergen como alternativas a los modelos convencionales y que procuran una enseñanza que apunta a cambios conceptuales simultáneos con cambios de naturaleza metodológica y actitudinal mediados por la actividad constructiva consciente de los sujetos que aprenden. Como lo sugieren Linn (1987), Duschl y

Gitomer (1991), Jiménez y Sanmartí (1997), Porlán (1998) y Gil et al (1991), todo ello apunta a la necesidad de desarrollar y evaluar nuevos métodos de formación del profesorado de ciencias.

Desde entonces, encontramos autores tales como Furió y Gil (1989), quienes hacen referencia al estudio de las concepciones científicas y didácticas del profesorado y su papel en la formación inicial y permanente. También Porlán (1998) hace referencia a la necesidad de diseñar y experimentar propuestas de formación del profesorado tomando como referencia los avances en nuevos modelos didácticos, de forma tal que desde su experiencia docente experimenten hipótesis curriculares que puedan superar problemas que plantea el modelo tradicional de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Munby y Russell (1998) hacen referencia a la importancia de la investigación en formación del profesorado de ciencias, entendida ésta como la construcción de un conjunto de conocimientos bases para enseñar; de igual forma Porlán y Rivero (1998) hacen referencia a la formación del profesorado de ciencias basado en el conocimiento profesional del profesor, en términos similares se refiere Izquierdo (1999) acerca del conocimiento profesional del profesor de ciencias y autores como Kyle et al (1991), Furió (1994), Furió y Gil (1999) y Mellado y González (2000), refuerzan la idea de la formación del profesor basados en la metáfora del profesor como investigador.

Sin embargo, investigaciones dirigidas al favorecimiento de cambios didácticos en profesores universitarios, es un tema que no se ha tratado profusamente, de modo que esta memoria procura en el fondo, dar algunas claves curriculares para favorecer dichos cambios.

1.2. Importancia del problema que se aborda en esta investigación

La literatura en Didáctica de las Ciencias ha resaltado que uno de los principales obstáculos al cambio didáctico está en "lo que ya sabe" el profesor respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, de manera que desde la perspectiva de una Didáctica de las Ciencias innovadora, contemporánea y de orientación constructivista, la investigación sobre el cambio en la actitud de los profesores de ciencias, puede ser una alternativa prometedora que conduzca a la

reorientación de los currículos para la formación inicial de los profesores de ciencias así como para la revisión y recontextualización de los criterios y estándares de su formación continuada.

En efecto, si los profesores de ciencias elaboramos conscientemente concepciones explícitas sobre la ciencia y sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y a su vez comprendemos, identificamos y justificamos haciendo balances críticos, sobre nuestras actitudes y nuestros valores en la enseñanza y el aprendizaje, podemos alcanzar umbrales para identificar abiertamente la estructura de nuestra epistemología personal docente como paso fundamental para comprender sus obstáculos asociados y que pueden en un momento dado, desfavorecer el desarrollo de prácticas docentes alternativas. En otras palabras, una investigación desde la Didáctica de las Ciencias sobre formación de profesores, dirigida hacia la consecución de cambios didácticos, no basta con limitarla a que los profesores conozcan nuevos modelos metodológicos. Se requiere por el contrario, que el profesorado intervenga activamente, sea consciente de sus propias limitaciones y desarrolle, a la luz de nuevas orientaciones disciplinares basadas en estudios críticos y rigurosos, prácticas docentes alternativas. Ello implica que es el propio profesorado el que debe identificar y cuestionar argumentadamente su epistemología docente habitual para dar cuenta de las necesidades de cambios y de nuevas expectativas sociales vistas desde la educación científica.

El reconocimiento de la estructura teórica de la disciplina que enseñamos los profesores de ciencias, incluidos sus aspectos históricos, epistemológicos, sociológicos y psicológicos relacionados con diversas concepciones sobre Didáctica de las Ciencias y al mismo tiempo, el desarrollo de actitudes positivas hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia nos permitiría, en general y en suma, comprender que nuestros comportamientos o esquemas de acción en el aula, no son el resultado de una labor empírica ingenua y por tanto desprovista de organización teórica, sino que por el contrario se encuentra sustentada en paradigmas científicos, filosóficos y didácticos complejos aunque en ocasiones implícitos, desde los cuales es posible explicar aún los modelos más tradicionales empleados por los profesores en la enseñanza de las ciencias. Se espera entonces, favorecer en esta investigación, un cambio didáctico en profesores

universitarios de química, encargados de la formación inicial de los profesores de química, cambios que implican pasar de una epistemología personal y una práctica docente personal, basada en modelos hegemónicos y tradicionales de la enseñanza de la química, hasta una epistemología docente y una práctica docente más próximas a modelos de enseñanza de la química de orientación constructivista, de los cuales y para el caso particular de la presente investigación, corresponde al modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias por investigación dirigida.

Si los profesores de ciencias nos involucramos conscientemente en programas de formación continuada que se sustentan y desarrollan sobre principios didácticos de orientación constructivista, podremos acceder en un proceso de investigación dirigida a un aprendizaje significativo de la Didáctica de las Ciencias, proceso que por su naturaleza y metodologías, resulta ser equivalente al de cualquier otra actividad de investigación tal como la que los profesores de química habitualmente desarrollamos en nuestros dominios específicos en este campo del saber de las ciencias naturales; de hecho, los profesores tendremos ocasión de explicitar y reflexionar crítica y conscientemente sobre nuestra actividad docente, de manera, que realizando un trabajo en equipos cooperativos que replican investigaciones e innovaciones didácticas y que a partir de ellos estamos en capacidad de poner en marcha nuevas propuestas de investigación e innovaciones didácticas, podríamos llegar al punto de estar en capacidad de cuestionar argumentadamente nuestras concepciones, nuestras actitudes y nuestras prácticas docentes habituales que son resultado tanto de la impregnación ambiental, debido a nuestra experiencia como estudiantes, como a nuestra propia práctica profesional (Gil, 1994).

Todo ello nos permitiría al profesorado de ciencias, pasar a desarrollar y a actuar en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en coherencia con nuevas concepciones, nuevas actitudes y nuevas posibilidades de práctica docente más cercanas a modelos de enseñanza que han resultado ser o aparentemente nos han dado mejores resultados para explicar y afrontar problemas asociados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, haciendo un repaso a esta problemática en Colombia, encontramos que aún el profesorado universitario encargado de la formación inicial de profesores de ciencias, desconoce los avances que desde la Didáctica de las Ciencias se han hecho en relación con la enseñanza y

el aprendizaje de las ciencias y por tanto, al no incorporar en su práctica y en sus concepciones docentes modelos teóricos y metodológicos distintos a los habituales, no suponen la enseñanza como un problema y por tanto ésta se replica de manera acrítica y repetitiva. Los esfuerzos en Colombia han estado más ligados hacia la formación permanente del profesorado de ciencias en educación básica y secundaria quedando relegadas las políticas de formación continuada en el profesorado universitario.

Es por ello que investigaciones como las que aquí se presentan cobran especial importancia, ya que no solamente se hace indispensable desarrollar alternativas teóricamente fundamentadas desde posturas de la Didáctica de las Ciencias contemporáneas que promuevan modelos innovadores de formación permanente del profesorado, sino que los resultados obtenidos sean susceptibles de evaluación para determinar fortalezas, avances y debilidades, así como posibilidades de mejoramiento continuo. Es necesario que la comunidad académica de profesores de ciencias, ponga en evidencia la necesidad urgente que se tiene por desarrollar nuevos conocimientos desde la Didáctica de las Ciencias y por aportar desde este cuerpo de conocimientos al diseño y ejecución de políticas institucionales que den cuenta de lo que debe ser la formación inicial y permanente del profesorado universitario de ciencias.

De entrada, el profesor universitario de ciencias acredita condiciones básicas para la enseñanza en la medida en que es un profesional reconocido en un campo disciplinar científico. Sin embargo, al no reflexionar seriamente sobre problemas asociados con la enseñanza de las ciencias, puede pensar que enseñar es fácil y que es cuestión de sentido común (Furió, 1994), lo que no exige rigurosidad sino aplicaciones metodológicas aprendidas más por impregnación ambiental desde su experiencia como estudiante (Gil, 1991) que por el conocimiento de innovaciones que replica desde otras experiencias o que propone como resultado de su reflexión sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Estas ideas habitualmente consideradas por los profesores de ciencias, muestran la persistencia de modelos que suponen que basta con saber la disciplina que se enseña para ser un buen profesor; sin embargo, tal y como lo demuestra la

investigación en Didáctica de las Ciencias sobre esta materia, los resultados indican que el aprendizaje de los estudiantes no expresa cambios importantes manteniéndose muchas veces formas ingenuas de pensar, persistencia de imaginarios epistemológicos ingenuos de la actividad científica y del papel de los hombres y mujeres dedicados(as) a las ciencias, así como la persistencia de graves errores conceptuales, por citar algunas de las problemáticas que no han podido ser superadas por los modelos tradicionales para la enseñanza de las ciencias.

Los requerimientos sociales y de políticas en educación científica, así como los resultados en el aprendizaje de los estudiantes, conducen a desarrollar un interés creciente para que la formación permanente del profesorado, no sea incidental ni acrítica. El desarrollo de un cuerpo teórico propio desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales debido a los resultados de investigaciones e innovaciones en la línea de formación de profesorado, así lo confirman. En tal sentido, se destaca en la actualidad que estos procesos de formación de profesores deben dejar de ser una simple colección de cursos sueltos que, como se ha demostrado en algunas investigaciones (Hewson y Hewson, 1987; Feiman – Nemser, 1990; McDermott, 1990; Cronin – Jones, 1991; Lederman, 1992; Ingvarson, 1992; Louden y Wallare, 1994; Désautels y Larochelle, 1998; Gil y Pessoa de Carvalho, 1998; Furió y Gil, 1999; Jenkins, 2001) generan mayores actitudes negativas del profesorado universitario hacia lo que debe ser el conocimiento educativo y hacia lo que significa para ellos, el manejo de nuevas metodologías, de nuevas habilidades para la enseñanza y fundamentalmente de conocimientos que muchas veces se presumen rígidos, lo que no les dice nada para un desarrollo adecuado de su práctica docente.

Los retos que se plantean a la educación y concretamente a la formación de profesores de educación básica y media, comienzan a revertirse a la educación superior y por ello, a la necesidad de pensar en la formación del profesorado universitario, especialmente el encargado de la formación inicial de futuros profesores. Esta necesidad surge por una parte, por los efectos de los impactos de los resultados que a nivel nacional se han generado con las evaluaciones a los estudiantes de carreras universitarias y por otra parte, como reto para lograr la formación adecuada de futuros profesores que estén en capacidad de cumplir con

las expectativas educativas propuestas a través de los lineamientos y estándares nacionales definidos para la educación científica. Ello requiere necesariamente de otro tipo de profesor universitario, y requiere en consecuencia de otro tipo de formación inicial que se brinde desde las universidades, lo que implica necesariamente repensar la actividad del profesor universitario y simultáneamente, en su formación permanente.

1.3. Investigaciones sobre el desarrollo profesional del profesor de ciencias

Producto de la investigación educativa en relación con la problemática sobre la formación de profesores de ciencias, se han logrado avances que dan cuenta de la complejidad epistémica y didáctica de las prácticas de los docentes, lo cual ha permitido establecer una serie de características que trascienden la enseñanza y superan el concepto artesanal y vocacional de la actividad del profesor. En los actuales momentos, la investigación ha permitido sintetizar diversos métodos y enfoques de los modelos de formación del profesorado de ciencias; por supuesto cada uno de estos modelos conlleva a visiones propias de la actividad docente, y por consiguiente, a rutas posibles que definen y orientan la formación inicial o continuada de formadores.

Estos modelos, a medida que se han venido consolidando, han permitido caracterizar unas ciertas tradiciones en la formación del profesorado de ciencias, tradiciones que en general pueden agruparse de la siguiente forma:

1. La tradición **práctico-artesanal** en la cual, la enseñanza se entiende como un oficio que se aprende de la misma manera como se aprende en los talleres artesanales o de oficios, es decir, se aprende a enseñar enseñando, con el apoyo de un experto y con mayores niveles de autonomía a medida que se avanza en el tiempo. De esta tradición forman parte los enfoques en los que el énfasis está en el moldeamiento de la persona, y en la normalización de los procesos y ambientes de aprendizaje. En esta tradición formativa en particular, lo *normal* es sinónimo de lo *correcto*. Esta tradición se corresponde claramente con el modelo **ambientalista simple**, el cual prevé que el profesor se va haciendo experto a medida que incrementa su experiencia, la cual proviene de

sus expectativas acerca de la enseñanza desde cuando era estudiante y posteriormente, fruto de sus aprendizajes como futuro profesor; aprendiendo, como se ha dicho, observando como enseña un profesor experto.

2. La tradición **técnico-eficientista** se mueve alrededor de un continuo entre el conocimiento teórico, el conocimiento práctico y el conocimiento técnico. En un extremo de dicho continuo, prima el énfasis que el conocimiento preferencial de dominio del profesor ha de ser el conocimiento técnico lo cual manifiesta un **enfoque instrumental** de la actividad del docente. De hecho, se supone en esta tradición que lo importante no es el conocimiento experto (que comprende el conocimiento teórico y el conocimiento práctico de la disciplina que se enseña) sino el control del aprendizaje, de manera que la formación del profesor ha de centrarse en una “preparación técnica para programar y controlar el aprendizaje”. En el otro extremo del continuo dentro de esta tradición en la formación de los profesores de ciencias, se encuentra el **enfoque academicista**, el cual pone acento en las competencias que el profesor en formación o en activo debe manifestar en relación con un conocimiento sólido de la disciplina que va a enseñar. En este enfoque priman los contenidos y la formación disciplinar de los profesores.
3. La tradición **hermenéutico-reflexiva** orienta la formación del profesorado hacia la investigación y la autonomía profesional, reconociendo la situación cambiante y problemática de la práctica docente. Esta concepción de carácter personalista y humanista ha surgido como respuesta a las limitaciones del enfoque técnico y por contraste, hace énfasis en la autoformación del maestro, en su efectividad y actitudes.

Algunos autores demuestran que las primeras investigaciones y experiencias curriculares en Didáctica de las Ciencias respondían a la solución de problemas puntuales, desarticulados y muchas veces atóxicos (Klopfer, 1983), o simplemente se consideraban como una aplicación práctica de las denominadas Ciencias de la Educación (Pérez Gómez, 1978). Implícitamente lo que aquí se consideraba, era que la didáctica correspondía a un asunto instrumental de la pedagogía, sin embargo esta concepción no pudo solucionar problemas relacionados con la

persistencia de errores conceptuales de los estudiantes y con el mantenimiento de ideas de sentido común en relación con teorías científicas y con la naturaleza de la ciencia (Gil et al, 1999, 1999-b).

Por otra parte, serían también las investigaciones en psicología educativa las que trazaban propuestas para la solución de problemas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, llevando a excesos como los de olvidar los propios conocimientos que se enseñan para la solución de dichos problemas; Shulman (1992) criticó irónicamente esta falta de atención como el “paradigma perdido”. Sin embargo, los intentos de aplicar teorías psicológicas a la problemática asociada con la educación científica, tampoco dieron los resultados esperados, pues como se reconocería años más tarde, no era posible hablar de problemas de aprendizaje “generales” para ser solucionados con estrategias generales. Fueron los propios resultados de la investigación en psicología educativa los que rechazarían la idea de la equipotencialidad de los aprendizajes, según la cual diferentes individuos podrían aprender cualquier clase de conocimiento siguiendo las mismas leyes (Pozo, 1989).

De acuerdo con Zabalza (2003), además de conocer los contenidos, los docentes deben ser capaces de:

- Analizar y resolver problemas
- Analizar un tópico hasta desmenuzarlo y hacerlo comprensible
- Aprender cuál es la mejor manera de aproximarse a los contenidos, cómo abordarlos en las circunstancias presentes (para lo que deben poseer diversas alternativas de aproximación)
- Seleccionar las estrategias metodológicas adecuadas y los recursos que mayor impacto puedan tener como facilitadores de aprendizaje
- Organizar las ideas, la información y las tareas para los estudiantes

Como se aprecia, se hace evidente que la actividad profesional del profesorado supera con creces el simple dominio de los contenidos científicos de su especialidad. Como lo plantean Gil et al (1991), en la investigación en didáctica de las ciencias contemporánea, específicamente en el campo de la formación de

profesores de ciencias, “no basta con saber lo que se enseña para ser buen profesor”.

En tal sentido, de acuerdo con Zabalza (2003), las competencias que el docente debe poseer son:

- Saber identificar lo que el alumno ya sabe (y lo que no sabe y necesitaría saber)
- Saber establecer una buena comunicación con sus alumnos (individualmente y como grupo): explicar las cosas de forma que se le entienda, mantener una relación cordial con ellos
- Saber manejarse en el marco de condiciones y características que presenta el grupo de estudiantes con el que le toque trabajar (jóvenes de los primeros cursos, estudiantes adultos, etc.), y ser capaz de estimularles a aprender, pensar y trabajar en grupo. Transmitirles la pasión por el conocimiento, por el rigor científico, por mantenerse siempre al día, etc.

Los paradigmas contemporáneos que orientan la investigación en enseñanza de las ciencias, han sufrido, como cualquier otro cuerpo de conocimientos, importantes reestructuraciones producto de factores de orden político, académico y social. Un programa de formación de profesores de ciencias que aspire a cambios didácticos importantes en el pensamiento y en las acciones de los profesores, ha de favorecer un conocimiento crítico acerca del desarrollo de lo que hoy en día se conoce como Educación Científica o Didáctica de las Ciencias. Por supuesto es importante comprender que los desarrollos teóricos y metodológicos de la Didáctica de las Ciencias, no son neutrales sino por el contrario, han obedecido al intento de solucionar problemáticas no superadas por teorías predecesoras o debido al resultado de investigaciones precedentes que han enfocado ulteriores trabajos en otras direcciones.

En tal sentido, la Didáctica de las Ciencias contemporánea, y uno de los modelos que más se investiga en la actualidad en especial a nivel práctico en procesos de innovación en el aula como es el modelo de investigación dirigida, supone un largo e interesante recorrido por parte de las comunidades académicas especializadas e

interesadas en la enseñanza de las ciencias. En este modelo, se asume la metáfora del estudiante como investigador novel y la del profesor como director de equipos de investigación manteniendo presente claro está, las diferencias de contexto que subyacen entre científicos y científicas que investigan en ciencia y producen nuevos conocimientos científicos respecto a alumnos y alumnas que aprenden ciencias y reproducen conocimientos científicos ya elaborados. Sin embargo, cuando el trabajo en el aula se realiza siguiendo programas de actividades (Gil et al, 1991) que facilitan la participación de los alumnos y las alumnas en la re-construcción de conocimientos científicos, las semejanzas entre los dos ámbitos de investigación son más homogéneas epistemológicamente hablando.

Se asume en consecuencia, que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias puede considerarse equivalente a la manera como se producen conocimientos científicos. Desde la perspectiva alternativa de situar la actividad del profesor desempeñándose como director de equipos de investigación, se precisa que su formación y su práctica sean coherentes con este modelo, requiriendo para ello su familiarización e inserción en la investigación didáctica. Enseñar ciencias a través de la resolución de problemas implica que el profesor ha apropiado tanto en sus concepciones, ideas y creencias como en su práctica docente, metodologías de esta naturaleza. Así, orientar una enseñanza de las ciencias como investigación dirigida, requiere de un profesorado formado coherentemente para tal fin desde una fundamentación sólida en Didáctica de las Ciencias.

Factores de carácter social, político, económico y educativo, entre otros, han ido consolidando el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo específico de conocimientos. Hasta más o menos los finales de la década de los 70' del siglo XX, cuando se fortalece la discusión crítica en relación con el modelo educativo en ciencias dominante hasta ese momento, correspondiente al movimiento del aprendizaje por descubrimiento, comenzaría a emerger un cuerpo disciplinar que hoy en día consideramos como la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Desde aquella época podemos caracterizar un periodo que como Furió (2001) menciona, corresponde a la "época prodigiosa", cuando la Didáctica de las Ciencias se empieza a caracterizar como un cuerpo pre-paradigmático, en la cual adquiere un

protagonismo importante el denominado movimiento de las concepciones alternativas.

Desde la década de los 90 del siglo XX, con la edición del primer Handbook específico en investigación en Didáctica de las Ciencias, concretamente publicado en el año de 1994, comienza como diría Furió (2001), un importante periodo de consenso en la comunidad científica respecto a la consideración de la Didáctica de las Ciencias como disciplina científica. Concretamente, aprovechando extensas revisiones de literatura, la participación de profesores de ciencias colombianos en eventos especializados y en programas de formación doctoral, así como la participación de expertos provenientes de otros países invitados por las universidades colombianas, en el campo de la Educación Científica emergió la necesidad de incorporar fundamentación teórica para justificar la base conceptual de la organización de los currículos dirigidos a la formación de profesores de ciencias.

Recientemente, con la participación de expertos en la formación de profesores de ciencias y en investigación en enseñanza de las ciencias, se vienen desarrollando proyectos que procuran incluir componentes de carácter epistemológico, conceptual y metodológico que mínimamente deben aprender los estudiantes en educación en ciencias en todos los niveles, así como todos aquellos saberes y prácticas que debemos conocer y desarrollar los profesores de ciencias en el ejercicio de nuestra actividad profesional. El desarrollo de la línea de investigación en formación de profesores ha conducido a considerar las necesidades formativas de los profesores de ciencias y fundamentalmente las necesidades asociadas con los cuerpos teóricos que deberían dar cuenta de nuevos modos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, de cara a favorecer una educación científica más preocupada por lograr auténticos propósitos de alfabetización científica y menos de intencionalidades propedéuticas (Duschl y Gitomer, 1991; Fraser, 1998; Furió et. al, 2000).

Estas necesidades conceptuales han requerido el reconocimiento del conocimiento disciplinar específico que sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias deben desarrollar los profesores a fin de lograr y dar cuenta de las expectativas previstas por los lineamientos curriculares y por los estándares en competencias en ciencias naturales planteadas en el campo la educación científica en Colombia. En esa

medida, en la actualidad, para los profesores de ciencias resulta ser imprescindible reconocer el cuerpo teórico de la Didáctica de las Ciencias. De otra parte el reconocimiento de ese cuerpo teórico no puede limitarse a la simple ilustración a los colectivos de profesores de ciencias. Así las cosas, es absolutamente necesario tener en cuenta los aportes recientes de las investigaciones y las innovaciones en Didáctica de las Ciencias Experimentales; de tal manera que el cuerpo conceptual que los profesores deben apropiarse ha de ser construido significativamente por ellos mismos, replicando experiencias innovadoras e incorporando en su estructura cognitiva la naturaleza teórica que sostiene los principios de una educación científica de sentido común y los de una educación científica coherente con la investigación didáctica actual. Suponemos que ha de ser la contrastación personal y consciente por parte de los profesores de ciencias sobre estas grandes vertientes educativas, las que habrán de fortalecer desarrollos y reestructuraciones profundas hasta alcanzar los cambios didácticos esperados. Ello requiere entre otros elementos básicos, de un reconocimiento riguroso del desarrollo histórico de la Didáctica de las Ciencias.

Como primera aproximación, encontramos que las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias comienzan realmente a desarrollarse cuando se incluyeron contenidos de educación científica en los currículos obligatorios de las escuelas públicas del siglo XIX. A principios del siglo XX, empiezan a aparecer de manera mucho más explícita, problemas asociados con el aprendizaje de las ciencias y comienzan a ponerse en cuestión ideas de sentido común relacionadas con planteamientos acerca de la enseñanza, pues la noción empleada por entonces correspondía a la instrucción que informaba directamente en el aula acerca de los contenidos conceptuales de la ciencia (Dewey, 1945). Este autor publicaría un artículo con esta crítica en la revista *Science Education* recientemente creada hacia el año de 1916. Otros problemas evidentes en el campo de la educación científica tendrían que ver con la aparición y reporte de las primeras investigaciones que se presentaron en la *Revista Science Education*.

Jenkins (2001) muestra como en el mundo anglosajón la primera noción de investigación en Didáctica de las Ciencias es bastante antigua ya que, según Jenkins, desde 1926 Curtis muestra como la investigación en educación científica es

una estructura sistemática que define e investiga problemas relacionados con el aprendizaje y la instrucción en ciencias. En la primera mitad del siglo XX, se reportarían los primeros intentos por dar solución a problemas generales asociados con el fracaso escolar de los estudiantes; se trataba no solo de problemas asociados a la educación científica, sino también a problemas que intentan ser abordados por orientaciones psicológicas relacionadas con el aprendizaje. Surge así el movimiento de la psicología educativa, cuerpo teórico derivado del campo disciplinar fundamental de la psicología y que intentaría explicar básicamente cómo se produce el aprendizaje en el aula (Coll, 1988). Junto con estas investigaciones, aparecería el gran movimiento de la Tecnología Educativa, desde el cual se previeron explícitamente modos sistemáticos para orientar actividades de enseñanza por objetivos. Desde los principios de la Tecnología Educativa, las actividades se desarrollan de manera estructurada de acuerdo con las especificaciones técnicas previstas con anticipación a fin de generar situaciones de interés para resolver en problemas posteriores a través de la educación científica.

Esta concepción, centrada en un carácter estrictamente metodológico y carente de fundamentación teórica, cobraría importancia posteriormente en la medida en que impulsaría nuevos intentos desde la Educación Científica procurando resolver las dificultades asociadas con problemas no resueltos por la Tecnología Educativa, al tiempo que condujo a la necesidad de aproximación a estructuras mucho más elaboradas conceptualmente para dar cuenta de las actividades previstas en este modelo. Producto de estos intentos de consolidación teórica de la Educación Científica, se genera en la década de los 50 una crisis disciplinar cuando se inicia por parte de la comunidad de profesores de ciencias una reflexión sobre los objetivos, los contenidos y los métodos habituales empleados en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Las primeras preguntas que aparecen al respecto, se dirigieron al qué enseñar, si preferiblemente debería darse énfasis a los contenidos de orden conceptual o debería hacerse más énfasis en los procesos, es decir en lo que hoy en día denominamos contenidos metodológicos.

Diferentes eventos de orden científico, político y económico hacia la década de los 50 y 60 del siglo XX influyeron para que en muchos países se revisaran las expectativas asignadas a la Educación Científica; también contribuyó a este

desarrollo la necesidad creciente de conseguir cada vez más mano de obra cualificada científicamente en un mundo donde la ciencia y la tecnología empezaban a aparecer como bases necesarias y fundamentales para el desarrollo de las sociedades. Como consecuencia, comenzaría a presentarse una importante cantidad de eventos académicos especializados donde psicólogos, pedagogos y profesores de diferentes disciplinas hicieron reflexiones críticas sobre los contenidos, las metodologías y los currículos de ciencias desarrollados hasta entonces. Empezó también a estudiarse todo lo que tendría que ver con las actitudes y las aptitudes científicas necesarias para que un estudiante pudiera, desde la escuela básica, empezar a pensar y a actuar como científico.

A comienzos de siglo XX, en el ámbito de la educación científica, se potenció ampliamente el uso del laboratorio escolar como fuente de las enseñanzas y los aprendizajes de las ciencias. Se concedió gran importancia a la metodología científica subsumiendo los contenidos conceptuales como productos de dicho proceso. Sin embargo, las prácticas de laboratorio se trataban desde una perspectiva epistemológica inductiva e hipotético – deductiva, reduciéndose al cumplimiento de patrones para fortalecer la observación como punto de partida del conocimiento científico y para la corroboración de teorías aprendidas en las lecciones de teoría.

De hecho, Schwab (1970), recomendaba que los profesores debieran ir primero a los laboratorios y hacer que sus alumnos hagan experimentos antes de iniciar la explicación formal de las teorías. Aquí se deja ver una postura filosófica de corte inductivista que más adelante intentaría considerarse como obstáculo para el desarrollo de nuevas orientaciones didácticas basadas en estudios filosóficos diferentes. De hecho, psicólogos reconocidos como Kelly (1955), explicaron el carácter natural a manera de metáfora de la persona que actúa como científico o como pequeño científico. Este autor presenta su trabajo en lo que él mismo denominaría su Teoría de los Constructos Personales.

Como consecuencia de las discusiones sobre la decisión de enseñar preferentemente contenidos o métodos y de las discusiones sobre los alcances y las problemáticas asociadas con estructuras propias de la tecnología educativa, se

fortalece, primeramente el modelo de enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos ya elaborados, de manera que el papel de los estudiantes se redujo nuevamente a la asimilación y la repetición de los contenidos prioritariamente conceptuales suministrados por el profesor y por los libros de texto. Este modelo supuso un abandono de las habilidades científicas, es decir del desarrollo de actividades prácticas de laboratorio y concedió mucha más relevancia al tratamiento de los contenidos teóricos de la ciencia. Sin embargo, los resultados en el aprendizaje de las ciencias no fueron los más favorables, ya que como Ausubel (1968) afirmaría, “con la reconsideración del modelo de enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos elaborados, no se lograban resultados prometedores en cuanto al aprendizaje de contenidos y menos aun, de habilidades científicas”.

Todo ello conduce a que desde mediados de la década de los años 60, se fortalezca el denominado movimiento del aprendizaje por descubrimiento, cuyo principal éxito consistió no solamente en que se planteaba una reflexión crítica sobre la enseñanza tradicional de las ciencias, sino que en los veinte años que predominó produjo una acumulación de innovaciones curriculares sin precedentes (Gil, 1997). Producto del resultado del movimiento de aprendizaje por descubrimiento aparecen importantes proyectos curriculares como el Chemistry Studies, Physics Studies, Physics Science Study Committee, PSSC, y los proyectos de la Nuffield Foundation, tanto en biología como en química, física y matemáticas (Hodson, 1985; Martínez - Terrades, 1998). Estas innovaciones que fueron conocidas en varios países constituyeron los fundamentos de la estructura metodológica básica para el trabajo de los profesores de ciencias.

De hecho, la deficiencia en los aprendizajes de los estudiantes y principalmente en la ausencia de formación sobre las habilidades y las metodologías científicas, así como el énfasis en políticas que favorecieran un desarrollo tecnológico cimentado sobre la base de una formación general científica en los estudiantes desde la educación secundaria, fueron algunas de las causas que originaron dicho modelo. El principio básico del modelo de aprendizaje de las ciencias por descubrimiento es la familiarización de los estudiantes con las actividades del trabajo científico como medio para aprender el conocimiento científico. Desde allí se sostenía la importancia

del trabajo individual y autónomo de los estudiantes, bajo el supuesto que quienes siguieran al pie de la letra manuales preestablecidos por el profesor o presentados en los libros de texto, podrían llegar a aprender ciencias, es decir, a alcanzar conclusiones similares a las que llegaron en su momento los científicos y las científicas. El aprendizaje se considera entonces, desde esta perspectiva, como una construcción propia e individual del sujeto, que obedece a necesidades internas vinculadas al desarrollo evolutivo (Martínez - Terrades 1998). De hecho, primaban los procesos de aprendizaje de métodos científicos más que los contenidos, éstos últimos se consideraban como una consecuencia directa de los primeros.

Como lo afirma Martínez - Terrades (1998), este modelo contempló la necesidad de que los docentes adquirieran conocimientos prácticos y teóricos de la materia a enseñar, dominio del laboratorio y fundamentación psicopedagógica. El papel del profesorado se centraba en coordinar las actividades experimentales sin ejercer un gran protagonismo, pues de lo que se trataba era de potenciar el descubrimiento autónomo de los estudiantes. Por otra parte, desde el punto de vista epistemológico, el modelo se fundamentaba en posturas inductivistas de la ciencia de manera que se suponía que el conocimiento existe fuera del individuo; para conocer se deben descubrir las verdades que nos ofrece la naturaleza.

Este modelo reforzó concepciones espontáneas sobre la ciencia, sobre la actividad científica y sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. La primacía del “método científico” como camino único para elaborar conocimientos científicos, dejó en un segundo plano los contenidos. En parte debido a estos resultados, surge un esfuerzo de fundamentación teórica en la educación científica que da lugar posteriormente a la emergencia del modelo de enseñanza y aprendizaje por recepción significativa (Novak 1988; Ausubel 1968).

Algunos aspectos a destacar del modelo de aprendizaje por descubrimiento fueron los siguientes:

- El desarrollo de un importante número de investigaciones que aunque puntuales, estaban dirigidas por investigadores universitarios en el campo de las Ciencias de la Educación que aunque sin la preparación específica, hicieron aportes

importantes que luego servirían de soporte para el desarrollo de futuras investigaciones donde los cuerpos conceptuales empezaron a desarrollarse críticamente. Allí podemos encontrar un importante número de trabajos publicados en Science Education en la década de los años 70 donde se presentaron numerosos estudios empíricos comparativos utilizando principalmente la metodología de la contrastación entre grupos de control y grupos experimentales aunque con escasa fundamentación teórica.

- Se presentaron importantes posibilidades de innovaciones curriculares realizadas por profesores interesados en la educación científica, aunque se trató de trabajos centrados exclusivamente en los dominios disciplinares del conocimiento a enseñar y poco fundamentados desde marcos propios de la educación científica. Así pues, los intentos de transformación de currículos y de implementación de nuevas metodologías, estaban más centrados en cómo organizar de una mejor manera los contenidos disciplinares a enseñar y no sustentadas rigurosamente sobre problemas teóricos en la educación científica.

Este movimiento en general favorecería un desarrollo importante en la década de los 80, que como lo indica Gil (1994), permitió que la Didáctica de las Ciencias pasara de tener un status pre-paradigmático a adquirir rasgos propios de una nueva disciplina. La situación pre-paradigmática de la Didáctica de las Ciencias se desarrolló a partir de diferentes investigaciones que lograron reconocer aspectos nacientes que irían consolidando lo que sería posteriormente la educación científica como un auténtico paradigma en educación e investigación educativa.

De hecho, como se presentaba en el Science Education hacia mediados de la década de los 80, se señalaba por parte de los investigadores en educación científica, la necesidad de apoyar investigaciones en paradigmas teóricos exitosos. La necesidad de la fundamentación teórica también estaba apoyada por la preocupación en aquella época de identificar modelos de investigación propios en la investigación educativa. En la época de los 80, como reporta Furió (2001), existían por lo menos cuatro orientaciones básicas en cuanto a paradigmas derivados de las investigaciones psico-educativas y que interpretaban de manera distinta el proceso de aprendizaje. Según Furió (2001) uno de estos paradigmas era el asociacionista

centrado en la taxonomía de objetivos de aprendizaje y basado en la estrategia de las destrezas de aprendizaje (Gagné y Biggs, 1974; Gagné, 1977).

Así pues, a partir de este paradigma era posible evidenciar la coexistencia de distintas versiones paradigmáticas de la psicología cognitiva, una de ellas según Furió (2001) generaría la concepción de aprendizaje significativo y las estrategias ausubelianas basadas en los organizadores previos (Ausubel, 1978). Surgen aquí instrumentos desarrollados para identificar la estructura cognitiva de quien aprende, como los mapas conceptuales y la “V Heurística” de Gowin. Con la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1968), se fortalecería la discusión teórica en educación científica que a la postre llevaría también al análisis crítico del modelo de aprendizaje por descubrimiento. Se consolidaría así la emergencia del modelo de aprendizaje por recepción verbal significativa el cual hace énfasis en la necesidad del profesor por presentar de manera jerárquicamente organizada los contenidos científicos a enseñar (Ausubel, Novak y Hanesian, 1976).

En este modelo de aprendizaje por recepción verbal significativa se destaca el papel del profesor como guía para el aprendizaje de los estudiantes y se parte del principio que han de evitarse los aprendizajes dispersos e incorrectos que proporciona el descubrimiento inductivo y autónomo. Por otra parte, se concede gran importancia a las estructuras conceptuales de los alumnos en la adquisición de nuevos conocimientos. Empieza a evidenciarse de esta manera, la importancia de los conocimientos previos de los estudiantes, quienes no se tratan ahora como “tabulas rasas”. El modelo presenta interesantes aportes teóricos en materia de conceptos científicos y de jerarquización de dichos conocimientos; además introduce nuevas concepciones como la del aprendizaje significativo, forma de aprendizaje distinto al aprendizaje memorístico o repetitivo (Novak, 1988).

Desde el punto de vista de Ausubel (1968), se cuestiona el “aprendizaje por descubrimiento” y se muestra que tras la idea generalista de la “enseñanza tradicional”, subyace un modelo coherente de enseñanza y aprendizaje por transmisión – recepción. El modelo sugiere que el aprendizaje de las ciencias puede ser más efectivo si se hacen interaccionar deliberadamente los conocimientos y las experiencias relacionadas con dichos conocimientos. Así, un aprendizaje

significativo de las ciencias se logrará cuando los estudiantes diferencien y jerarquicen apropiadamente los conceptos de la ciencia y cuando, al aplicarlos a ciertas experiencias, puedan modificar conocimientos y experiencias previas.

Sin embargo, a pesar de los importantes avances conceptuales concedidos a la educación científica que trajo este modelo, la concepción de ciencia y de naturaleza de la ciencia continuó sosteniéndose sobre principios epistemológicos cercanos a posturas inductivistas (Pozo y Gómez Crespo, 1997). Estas posturas han sido abiertamente cuestionadas por las nuevas orientaciones sobre la naturaleza de las ciencias (McComas, 1998). De hecho, los conceptos científicos se consideran en el modelo de aprendizaje por recepción verbal significativa como hechos externos al intelecto humano y por tanto, para su aprendizaje, éstos deben ser “captados” por los estudiantes (Martínez - Terrades 1998). Otra crítica a este modelo, surgió en el sentido que los trabajos prácticos y la resolución de problemas, juegan un simple papel de ilustración y manipulación, por lo que falta la mínima posibilidad de emisión de hipótesis, de diseños experimentales o de análisis de los resultados en condiciones controladas a la luz de las hipótesis y de los experimentos diseñados.

Otra versión cognitiva derivada del paradigma asociacionista fue la del “procesador de información”, que se apoya en la metáfora de una mente organizada como un ordenador. Esta teoría hizo importantes aportes a la identificación de la capacidad de memoria que tenemos los seres humanos en el corto y el mediano plazo, así como dio luces acerca de cómo los seres humanos somos capaces de recuperar información almacenada en nuestra memoria de largo plazo (Stewart y Atkin, 1982). Desde la perspectiva psicológica se derivarían también los estudios hechos por Piaget (1969). Sus trabajos se basaron en una epistemología genética cuya finalidad era desarrollar métodos de enseñanza que pudieran facilitar a los alumnos el aprendizaje pasando una serie de etapas de operaciones lógicas de menores niveles de complejidad a otras de mayores niveles de complejidad a partir de la noción de la teoría de la equilibración en el aprendizaje.

El conjunto de estos intentos de carácter psico-educativo por mejorar el aprendizaje de las ciencias fue reconocido por los propios expertos en los temas de psicología educativa (Carretero, 1987; Pozo, 1989). Estos autores advirtieron la imposibilidad

de proponer teorías únicas de aprendizaje para explicar lo que podía suceder en cualquier ambiente en términos de aprendizaje, es decir se concluye la dificultad de asumir la equipotencialidad de teorías del aprendizaje ya que no es posible encontrar leyes de aprendizaje que sean generales para cualquier contenido; por el contrario éstas más bien son dependientes de los contenidos conceptuales a abordar.

La poca reflexión teórica en estas investigaciones educativas conduciría justamente a fuertes cuestionamientos provenientes desde autores reconocidos en el campo de la psicología educativa, por ejemplo Shulman (1992) se referiría al “paradigma perdido” para expresar precisamente la ausencia del contenido que siempre debe acompañar las investigaciones de carácter psicopedagógico.

Finalmente, un cuarto paradigma, incipiente aún a principios de la década de los 80 según Furió (2001), es el que tiene que ver con el aprendizaje de los contenidos científicos y las concepciones alternativas. Estos trabajos se desarrollarían con tesis doctorales como la elaborada por Driver (1973) y por Viennot (1976); en este paradigma la metodología de investigación utilizada es de naturaleza antropológica y naturalística.

Sería este paradigma de orientación constructivista el que intentaría marcar importantes diferencias con los demás paradigmas con los que competiría en términos Lakatocianos (Lakatos, 1978); Gilbert y Swift (1985) justificaron argumentadamente las diferencias existentes entre los programas de investigación en educación basados en las concepciones alternativas y los derivados de la psicología Piagetiana. En esta medida autores como Strike y Posner (1992) defendieron la emergencia de la Didáctica de las Ciencias entendida ésta como empresa racional y presentaron nuevos indicios de la consolidación de una comunidad científica especializada basada en investigaciones en el campo de la educación científica.

En resumen, los paradigmas en educación científica que se consolidan en la década de los 80 los cuales se soportaron en principios de la psicología y que abrieron paso a la elaboración de tendencias de naturaleza constructivista son las siguientes:

Primero, el paradigma asociacionista centrado en la taxonomía de objetivos de aprendizaje (Bloom et al, 1975) y basado en la estrategia del desarrollo de destrezas de aprendizaje según Gagné. Éste paradigma abriría las puertas que condujeron a la generación de un segundo paradigma basado en la concepción del aprendizaje significativo desarrollando estrategias que Ausubel basa en el conocimiento de aprendizaje significativo, la estructura de los organizadores previos conectores y el mapeado de estructuras cognitivas. Relacionado también con la concepción del aprendizaje significativo, aparece otra versión que tiene que ver con el procesado de información utilizando la metáfora de la mente como un ordenador. El tercer paradigma se apoya en los principios de la epistemología genética desarrollados por Piaget y sugiere el desarrollo de operaciones formales como alternativa para la apropiación de conceptos y teorías científicas de mayor nivel de rigurosidad.

El cuarto paradigma corresponde al movimiento de las concepciones alternativas, donde fundamentalmente empieza a explicitarse la importancia del aprendizaje de las ciencias. En esta concepción, las ideas previas de los estudiantes o de las personas que aprenden obedecen a una posición de un carácter mucho más constructivista y así podemos decir, que sería a comienzos de la década de los 80 cuando se marca una época en la que la Didáctica de las Ciencias se encuentra en una situación pre-paradigmática; allí empiezan a conjugarse un conjunto de paradigmas de investigación relacionados con problemáticas asociadas a la educación científica y se pueden reconocer fácilmente diversas investigaciones sobre aspectos globales del aprendizaje y el desarrollo de los niños, muy propios de un dominio de la psicología educativa pero aplicados a la investigación sobre disciplinas científicas y concretamente, a investigaciones sobre procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es decir, progresivamente van consolidando el campo de conocimientos propio de la Didáctica de las Ciencias. Así pues, al final de la década de los 80 se empieza a consolidar el paradigma constructivista en educación científica cuya base psicológica es el movimiento de las concepciones alternativas.

Con los antecedentes expuestos anteriormente, es posible desarrollar una interpretación conceptual que nos permite comprender los diferentes modelos

didácticos que se han venido desarrollando especialmente desde la mitad del siglo anterior, donde producto del desarrollo de paradigmas psicoeducativos, se iría generando un interés creciente por ahondar en situaciones problemáticas relacionadas con la educación científica.

Ya desde comienzos del siglo XX, científicos y educadores empezaban a reclamar la introducción de las ciencias en la formación general de los futuros ciudadanos. Langevin (1926) escribía: "en reconocimiento del papel jugado por las ciencias en la liberación de los espíritus y en la afirmación de los derechos del hombre, el movimiento revolucionario hace un esfuerzo considerable por introducir la enseñanza de las ciencias en la cultura general y conformar éstas humanidades modernas que aún no hemos logrado establecer" (Citado por Martínez - Terrades, 1998). En esta medida, empieza a evidenciarse la importancia del uso de los laboratorios en las escuelas y por supuesto la idea de que los temas que se impartían no se dieran fragmentados y muchas veces superpuestos unos a otros. De hecho, ya hacia los primeros años del siglo XX, Dewey (1945) se refería a la posibilidad de encontrar en el aula de clase aplicaciones prácticas de los principios científicos, pero también insistía tener en cuenta aspectos personales y sociales de la ciencia. Se resaltaba así la importancia de la metodología científica como organizador de las actividades de enseñanza en el aula de clase.

Sin embargo, producto del peso de la tradición, hasta los años 50, la enseñanza de las ciencias se fundamentaría básicamente en modelos de transmisión verbal de conocimientos donde el profesor es el protagonista del proceso de enseñanza aprendizaje que desarrolla y prepara los conocimientos, los estudiantes son una tabula rasa, es decir un tablero blanco cuya mente habría que llenar de conocimientos. Se asume que antes de la instrucción, el estudiante no conoce ni tiene ninguna información acerca de la temática a abordar, el conocimiento se organiza y secuencia estrictamente en contenidos conceptuales. Aunque hemos anotado el énfasis que se hacía a comienzos del siglo XX sobre el uso de laboratorios, en realidad el papel que se les atribuía era de un efecto meramente ilustrativo; incluso tal y como lo citan autores como Pozo (1989), su uso se minimizó prácticamente hasta no ser utilizados en la enseñanza de las ciencias.

Es interesante notar como, si bien el modelo por transmisión verbal de conocimientos ha recibido serios cuestionamientos, tal y como lo hemos examinado a partir del desarrollo de paradigmas orientados por posturas psico-educativas, en la actualidad varias investigaciones reportan como aún muchos profesores e incluso muchos estudiantes prefieren que en el proceso enseñanza-aprendizaje se aplique este modelo. De hecho, al encuestar a docentes en formación inicial o en ejercicio sobre esta situación (Mosquera, 2001), se encuentra que lo “prefieren” en la medida que les resulta "útil" dado que basta con que el profesor conozca bien la temática a enseñar y la organice en secuencias de menor a mayor complejidad para pasar a transmitirla a los estudiantes. Los profesores en formación, en calidad de estudiantes, también lo encuentran favorable, pues se trata simplemente de dedicar atención a las clases, realizar los ejercicios que propone el profesor y hacer un poco de memoria para aprender contenidos científicos.

Sin embargo, diversas investigaciones realizadas sobre el modelo transmisionista, muestran que los aprendizajes obtenidos son de corto plazo a la vez que generan una imagen de las ciencias muy diferente a lo que en sí misma implican y a la forma como en la vida diaria la desarrollan los científicos y las científicas. Así mismo, coinciden en demostrar que este modelo no ha sido útil para superar las concepciones previas de sentido común de los estudiantes, lo cual constituye un serio obstáculo para un aprendizaje significativo y comprensivo de las ciencias.

El modelo transmisionista se encuentra directamente ligado al paradigma asociacionista centrado en taxonomías de objetivos, así pues se conecta explícitamente con los principios de la tecnología educativa. Sin embargo, es desde las mismas fuentes de la psicología, que surgen otras versiones tales como el aprendizaje significativo y al procesamiento de información. Ello permitiría que la discusión en torno a los modelos de enseñanza habituales empezara a ser relevante; por ello no debemos olvidar que serían estas discusiones, aunque aún a nivel pre-paradigmático que condujeron a la emergencia de nuevos modelos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: el modelo inductivo y autónomo y el modelo por transmisión verbal significativa.

Si bien estos dos modelos de enseñanza hoy en día han recibido fuertes críticas y se han cuestionado sus resultados en el aprendizaje de las ciencias, no puede desconocerse que favorecieron replanteamientos globales de la problemática asociada con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias desde donde empezaron a desarrollarse modelos conceptuales y metodológicos alternativos. Asociadas a estas nuevas tendencias sobre la enseñanza de las ciencias se incorporaron discusiones en torno a la naturaleza del conocimiento científico y los aportes de orientaciones epistemológicas e históricas contemporáneas sobre la ciencia. De hecho, las posturas de naturaleza estrictamente positivistas y empiristas que acompañaban los enfoques en la enseñanza de las ciencias hasta buena parte del siglo XX, empezaron a ser replanteadas debido a la emergencia de nuevas orientaciones epistemológicas, apoyadas en tesis de autores como Kuhn (1962) y su perspectiva de progreso científico por revoluciones científicas y establecimiento provisional de paradigmas científicos; Toulmin (1972) y su teoría de las orientaciones evolucionistas del conocimiento científico; Feyerabend (1975) quien explica la ciencia como un problema de anarquismo científico; Lakatos (1978) y su postura de programas de investigación científica; y Bachelard (1938 y 1968) y su posturas de la ciencia desde las tesis del racionalismo científico.

En suma, estas nuevas orientaciones epistemológicas condujeron a fuertes replanteamientos sobre la naturaleza de las ciencias y a examinar con más detalle, las concepciones que implícita o explícitamente manifestaban los profesores en la enseñanza de las ciencias. De allí empezarían a justificarse otros cuestionamientos serios a los modelos habituales de enseñanza, particularmente los producidos por la enseñanza por transmisión y la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. De hecho, se encontró la poca conveniencia que tenía en el aprendizaje de las ciencias un aprendizaje donde se genera una imagen de la ciencia como un catálogo de conocimientos neutrales, acríticos y sin ninguna relación con la problemática del entorno.

Así las cosas, producto de desarrollos paradigmáticos provenientes de la psicología y la epistemología, se consolidaron avances conceptuales sobre el deber ser de la educación científica y se realizaron críticas fundamentadas a modelos de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos científicos y por descubrimiento inductivo y

autónomo. A pesar de estos esfuerzos de orden académico, no podemos olvidar que modelos como el de descubrimiento inductivo y autónomo, se mantuvo vigente (y probablemente aún hay quienes lo defienden) debido a la rápida extensión a nivel mundial de la necesidad de introducir la enseñanza científica desde los niveles educativos básicos y medios.

Los cursos de ciencias dejaron de ser electivos lo que significó que las orientaciones curriculares para la educación científica y el diseño de actividades de enseñanza requirieron de la colaboración de expertos en el desarrollo de proyectos, de expertos profesores especializados, de psico-pedagogos y de científicos que en suma, intentaron desarrollar un conjunto de enseñanzas con actividades muy específicas que rompieran la simple transmisión verbal y que empezaran a dar una importancia fundamental a los trabajos experimentales. Como lo afirmaría Hodson (1985), en esta época se produce la eclosión de proyectos basados en el aprendizaje por descubrimiento y los denominados proyectos alfabéticos (Furió, 2001) tales como el PSSC, BSCS, CBA, Nuffield, etc. Estas estrategias se caracterizaban por desarrollar un conjunto de materiales de clase en los cuales el trabajo experimental adquiriría una preponderancia muy importante, se acompañaban de un conjunto de actividades perfectamente determinadas para que los estudiantes las siguieran a fin de prever resultados exitosos en el aprendizaje de los estudiantes. La idea básica de estas actividades consistió es que si se apoyan en grandes descubrimientos científicos, los estudiantes los pueden seguir si utilizan materiales adecuados y un camino perfectamente organizado por el profesor; así es plausible pensar que los estudiantes estarán en capacidad de reproducir aquellos conocimientos que los científicos han utilizado, redescubriendo de alguna manera las conclusiones fundamentales a las que se ha llegado y en consecuencia generando desde el punto de vista del modelo de aprendizaje por descubrimiento, un aprendizaje adecuado del conocimiento científico.

Este modelo, procuró desarrollar la idea de que los estudiantes deben estar familiarizados con las actividades del trabajo científico para comprender los conocimientos científicos que se deben alcanzar. La idea es que los estudiantes a través de actividades científicas interesantes, puedan tener acceso a las ciencias favoreciendo en ellos una actitud más positiva hacia la misma; así mismo pretende

que explícitamente se llame la atención sobre la especificidad y efectividad del denominado método científico.

La enseñanza de las ciencias por descubrimiento inductivo y autónomo, parte del supuesto que es el propio alumno, quien haciendo pequeñas investigaciones activas y autónomas esté en capacidad de elaborar sus conocimientos, así pues, se pone mucho énfasis en lo que tiene que ver con los procesos de la investigación científica mas no así en los productos de la misma. De hecho, vale la pena resaltar que a partir de este modelo se concede gran importancia al trabajo de laboratorio y a la investigación del entorno, respecto a la asimilación de contenidos conceptuales que con énfasis prevé el modelo de enseñanza de las ciencias por transmisión verbal de conocimientos.

Con lo planteado hasta aquí, se hace necesario destacar cómo el desarrollo de paradigmas psicológicos asociacionistas, observados desde la perspectiva del desarrollo del aprendizaje a partir de concebir la memoria funcionando como un ordenador o de los planteamientos psicológicos piagetianos basados en la epistemología genética, fundamentan el modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo; de hecho, este modelo tuvo una amplia aceptación y se insiste, aún es usado por muchos profesores de ciencias, precisamente porque se plantea una visión más realista de la ciencia y se asumen los conocimientos científicos, no como un conjunto estático de contenidos sino como resultados de procesos intelectuales sometidos a continua revisión; el auge por aquella época de la psicología del aprendizaje y de las teorías de Piaget serían también grandes legitimadoras de este modelo al suponer que los adolescentes poseen un pensamiento de naturaleza lógica formal, lo que implica según la teoría Piagetiana, que con estos modelos de razonamiento, se puede trascender los dominios del conocimiento cotidiano hasta alcanzar los dominios del conocimiento científico y en consecuencia se facilita la posibilidad de solucionar problemas independientemente de los contenidos (aspecto que es plenamente justificado desde el modelo conceptual de la psicología genética piagetiana).

Otra formulación piagetiana que defendería fuertemente el modelo de enseñanza de las ciencias por descubrimiento inductivo y autónomo, es el supuesto que es el

sujeto quien construye su propio conocimiento; se trata entonces el aprendizaje como una actividad mental constructiva, propia e individual que obedece a necesidades internas del desarrollo evolutivo del ser humano.

En suma, estos paradigmas psicológicos conducirían a concluir que el profesor, independientemente de la materia que enseña, debería propender por desarrollar el pensamiento lógico en los estudiantes como alternativa para alcanzar la adquisición de un modelo de razonamiento de naturaleza formal en la edad adolescente. En otras palabras, esto significa que el énfasis fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje es la adquisición de métodos de trabajo que permiten desarrollar la mentalidad de los estudiantes independientemente de los contenidos; si un estudiante es capaz de desarrollar una metodología experimental con buenos niveles de rigurosidad, se le facilitará desarrollar un conjunto de habilidades que le permitirán poder solucionar problemas independientemente de los contenidos a los cuales se enfrenta.

El modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo, contempla la necesidad de que los profesores estén plenamente capacitados en el conocimiento de diseños prácticos y teóricos de la materia que enseñan, de un buen dominio del laboratorio y de actividades de laboratorio, y de una buena fundamentación de naturaleza psicopedagógica. De hecho, el rol principal del profesor, es el de la coordinación de tareas experimentales sin que sea un gran protagonista en el aula de clase, pues fundamentalmente se persigue fomentar el aprendizaje de los estudiantes entendido como una actividad de descubrimiento autónomo.

Hemos anotado anteriormente, que con el desarrollo del paradigma psicológico asociacionista se crearon varias vertientes de naturaleza cognitiva, una de ellas la que tiene que ver con comprender la mente del ser humano como un ordenador capaz de procesar adecuadamente información; otra con los principios de la epistemología genética en el sentido del desarrollo de operaciones lógicas de pensamiento que apropien o que den la posibilidad de que se puedan desarrollar diferentes actividades para aprender cualquier clase conocimiento. Sin embargo, se desarrolló otra teoría desde el paradigma asociacionista: el aprendizaje significativo, basado fundamentalmente en la necesidad de reconocer los contenidos previos del

conocimiento como organizadores esenciales para un aprendizaje de mejor calidad, un aprendizaje no memorístico y sí significativo. Esta teoría ha sido fuertemente defendida por autores como Ausubel (1968).

Desde la teoría del aprendizaje significativo, empezaron a surgir fuertes contraposiciones al modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. Además de Ausubel, autores como Berger (1979), Novak (1979), y Stake y Easley (1978), hicieron cuestionamientos a este modelo. La crítica fundamental la resume Ausubel et al (1976) cuando afirman, que en la ingenua premisa de que la solución autónoma de problemas ocurre necesariamente como fundamento en el razonamiento inductivo a partir de datos empíricos, de hecho, se considera que si bien el aprendizaje por descubrimiento inductivo y autónomo procuró darle mucho más énfasis al aprendizaje de las ciencias a partir del diseño de actividades y de trabajos experimentales en el aula de clase dada la excesiva fundamentación conceptual que acompañaba el modelo por transmisión verbal de conocimientos, se llegó a otro modelo que no da énfasis ni a un aprendizaje adecuado de los contenidos científicos ni tampoco al desarrollo fundamental de un conjunto de habilidades y destrezas en el aprendizaje de las ciencias mediadas por el trabajo experimental.

Por otro lado, el modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo recibe críticas muy fuertes desde orientaciones epistemológicas dado que por sus características, éste terminaba incurriendo en visiones simplistas, muy alejadas de la manera con las que realmente se elaboran los conocimientos científicos y evidenciando entre los profesores la persistencia de concepciones epistemológicas muy ligadas con posturas positivistas e inductivistas de la ciencia. Desde entrado el siglo XX, estas perspectivas epistemológicas ya estaban siendo fuertemente cuestionadas con trabajos de diversos autores tales como Kuhn (1962), Bachelard (1938), Lakatos (1978) y Feyerabend (1975), entre otros. Estos autores han influido fuertemente en lo que hoy en día se domina la estructura de la nueva historia y filosofía de las ciencias.

Como consecuencia de las posturas epistemológicas positivistas que fundamentan el modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo, se ha olvidado el

papel central que juegan las hipótesis en el desarrollo de una investigación científica y el pensamiento divergente que acompaña permanentemente la producción de trabajo científico, así mismo se olvida el carácter social y cultural que tiene la actividad científica. En otras palabras, el modelo por descubrimiento inductivo y autónomo transmite una visión incorrecta del método científico generando, en quienes enseñan y aprenden conocimientos científicos, la creencia que la ciencia es un conjunto de pasos secuenciales y teleológicos que parten de la observación hasta llegar a conclusiones que luego de sistematizarse como hechos que se dan regularmente, configuran teorías científicas.

Las discusiones actuales sobre la metodología científica, así como las investigaciones etnográficas realizadas sobre la actividad científica (Fourez, 1994, Fourez, 1997) muestran que en la práctica, no es posible suponer un método único y exclusivo que da cuenta de la ciencia como tarea rutinaria, basada únicamente en el rigor y en la objetividad que se limita al descubrimiento de hechos y evita suposiciones, no permite la imaginación, no permite entender los riesgos que se desarrollan en la realidad científica y ante todo, parte del supuesto que la observación es neutral y que cualquier objeto de la realidad, que existe antes del pensamiento y del conocimiento, se comprende de la misma forma (Chalmers, 1989). Como lo recuerda Fourez (1994), los científicos se aproximan al mundo con ideas previas. Desde esta perspectiva, las ideas, creencias y conocimientos que tiene una persona, inciden directamente en lo que observa, así pues, el conocimiento resulta ser el producto de la interacción entre los objetos de la realidad (naturales o artificiales), perspectivas teóricas que dan forma a conocimientos y el lenguaje que se usa para expresarlos. Observar, desde esta postura, próxima a las orientaciones contemporáneas sobre la filosofía de la ciencia, es estructurar modelos teóricos.

Desde la perspectiva del sentido común, cuando decimos que algo se descubre, nos referimos a los hallazgos de realidades naturales o sociales que siempre han estado allí pero nunca antes nadie había encontrado. Desde la perspectiva de la ciencia, referirnos al descubrimiento, o mejor al descubrimiento científico, implica que cambiamos nuestros referentes teóricos (modelos teóricos) para explicar de manera diferente una cierta realidad. Así, mientras que las posturas epistemológicas

positivistas que sostienen el modelo de enseñanza de las ciencias por descubrimiento inductivo y autónomo, suponen que el conocimiento proviene desde lo externo hacia el sujeto, las posiciones epistemológicas contemporáneas, indican que por el contrario, el conocimiento se produce desde el sujeto que razona sobre una realidad (sujeto en actitud cognoscente), es decir va de dentro hacia afuera.

En general, podemos decir que uno de los principales cuestionamientos que se hace al modelo por descubrimiento inductivo y autónomo, es el énfasis tan marcado que genera tanto en profesores como en estudiantes una epistemología del sentido común, epistemología donde la creatividad, la posibilidad de abordar hipótesis fundamentadas en modelos y el análisis de resultados teniendo en cuenta no solamente las concepciones teóricas, sino también condiciones particulares de los experimentos, no se consideran seriamente. En el modelo por descubrimiento, se presupone que el estudiante sigue una serie de pasos que habitualmente son los mismos independientemente del problema a resolver para poder llegar a resultados científicos que serían equivalentes a lo que se esperaría fuera el aprendizaje de la ciencia.

Ausubel et al (1976), reflejan toda esta situación cuando afirman: "como los términos laboratorio y método científico se volvieron sacrosantos en las escuelas preparatorias y en las universidades de Norteamérica, los estudiantes fueron obligados a replicar los aspectos extraordinariamente conspicuos e inherentemente triviales del método científico; en realidad con este procedimiento aprendieron poco de la materia y menos aún del método científico". Esta frase resalta en general la problemática asociada al modelo por descubrimiento inductivo y autónomo; de otra parte, los resultados de investigaciones didácticas sobre este modelo, muestran las deficiencias en los aprendizajes de contenidos estrictamente conceptuales de la ciencia así como también de los contenidos metodológicos de la ciencia.

La crisis "interna" en el ámbito de la educación científica derivada de los cuestionamientos al modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo, se fue acompañando de un requerimiento social a la educación científica. Las guerras como la de Vietnam, el significado en medio de la "guerra fría" del triunfo de la carrera espacial por parte de los Soviéticos al lograr lanzar el Sputnik y

mantenerlo exitosamente en órbita sobre la tierra, generaron críticas muy importantes y la necesidad de replanteamientos serios a los modelos curriculares de la época. Particularmente en los Estados Unidos, se pone en entredicho la legitimidad de las inversiones estatales en lo que tenía que ver con los currículos en educación científica y como lo citan Gutiérrez (1987) y Martínez - Terrades (1998), la presión llegaría a un punto en el cual en la década de los setenta, se suspendieron todas las actividades de formación de profesorado. En este ambiente la National Science Foundation propuso una evaluación del impacto de los currículos diseñados entre los años 55 y 75 y tres evaluaciones: dos de características cuantitativas y una de característica cualitativas.

La primera de las investigaciones fue llevada a cabo en la Ohio State University (Helgeson et al 1977) y la segunda fue encabezada por Weiss (1978), en el Research Triangle Institute (citados por Martínez - Terrades, 1988). Estas dos investigaciones arrojaron resultados positivos sobre los currículos que se desarrollaban. Sin embargo, el tercer estudio, conducido por Stake y Easley (1978) en la Universidad de Illinois, planteó el problema como una metodología de estudio de casos, es decir se trató de una investigación de características cualitativas. Las preguntas de la investigación fueron las siguientes:

¿Qué se considera importante en la clase de ciencias?, ¿Cuál es el interés que se tiene por las ciencias por parte de los alumnos a lo largo del tiempo? La respuesta en contraposición a las anteriores investigaciones no correspondían evidentemente; los resultados arrojados en general, indicaron que la enseñanza de las ciencias tenían poca prioridad, los currículos simplemente se entendían como un conjunto de secuencias de contenidos y habilidades que son necesarios aprender y memorizar, y en consecuencia, los resultados no parecían ser tan optimistas como los de las dos investigaciones predecesoras.

Yager y Penick (1983, 1986-b) concluyen lo siguiente:

1. La comunidad científica debe estar más relacionada con la definición de las disciplinas de la ciencia interpretando los descubrimientos recientes que son

importantes en la preparación de futuros ciudadanos y logrando que estos descubrimientos recientes hagan parte de nuevos currículos.

2. Las nuevas orientaciones desde la Didáctica de las Ciencias deben incluir dimensiones de naturaleza filosófica, histórica, sociológica, humanística y tecnológica, reconociendo que se trata de puntos de vista absolutamente válidos para comprender el aprendizaje de experiencias, contenidos y procesos.
3. Se hace necesario renovar el interés, en general de toda la población por el conocimiento científico.
4. Se hace necesario desarrollar nuevos materiales de aprendizaje que deben ser adaptados a situaciones específicas en las escuelas.
5. Es preciso realizar esfuerzos importantes masivos que afecten directamente los currículos de ciencias y la formación de los profesores de ciencias.
6. Es importante preparar a los estudiantes para carreras de Ciencia y Tecnología.
7. Es necesario mejorar los materiales para la instrucción adecuada de la ciencia.

Como resultado de todo ello, empiezan a desarrollarse en el ámbito de la Educación Científica una importante cantidad de trabajos citados principalmente en la revista Science Education que demuestran que la mayoría de los artículos, ya por la década de los años setenta del siglo XX, manifestaban dos categorías importantes: Trabajos de innovación en didácticas con propuestas de renovación en lo que tenía que ver con replanteamientos globales a los currículos, e investigaciones puntuales dirigidas a la comparación del comportamiento de grupos experimentales respecto a grupos control (Furió, 2001)

Estas investigaciones, sin embargo, no tuvieron incidencia en los procesos de formación de los profesores de ciencias; así pues, no se hizo evidente que en el proceso de aprendizaje sobre el aprender a enseñar por parte de profesores tanto en formación inicial como continuada, se conocieran estos desarrollos históricos que

podiesen ayudarles a explicar no solamente lo que había pasado en el contexto general de la educación científica, sino que les permitiera entrar a contrastar por una parte, las formas habituales como han venido aprendiendo conocimientos científicos respecto a las metodologías con que han venido enseñándolos, y por otra, a contrastar sus ideas respecto a lo que piensan que debería ser la enseñanza. Todo ello, condujo a la emergencia, desde la década de los 80, del denominado modelo por aprendizaje significativo propuesto justamente por autores como Ausubel (1978), y también defendido por otros autores como Novak (1979).

En el modelo por aprendizaje verbal significativo se quiere rescatar nuevamente el papel preponderante del profesor como guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con el propósito fundamental de evitar la dispersión en los aprendizajes, lo que se había demostrado se reforzaba a partir de aprendizajes por descubrimiento autónomo e incidental; al mismo tiempo con este nuevo modelo se quiso resaltar la importancia de las estructuras conceptuales del conocimiento científico, necesarias para que los estudiantes aprendan adecuadamente esos nuevos conocimientos; la enseñanza entonces se introduciría sobre la base de reconocer la estructura fundamental del conocimiento científico con el propósito de poderse jerarquizar desde conceptos con un mayor nivel de generalidad hasta conceptos cada vez más concretos y más particulares, de manera tal que se puedan ordenar adecuadamente. El modelo favoreció el desarrollo de instrumentos como los mapas conceptuales (Moreira y Novak, 1988) que representan en papel la estructura mental de los estudiantes para poder reconocer no solamente aprendizajes significativos sino también errores conceptuales que el profesor puede conocer y atacar directamente para superar problemáticas en los aprendizajes.

En el modelo de enseñanza de las ciencias por recepción significativa de conocimientos se puede destacar que uno de sus principales aportes ha sido el desarrollo explícito de una fundamentación teórica lo cual exige un mayor conocimiento didáctico del profesorado. Desde estos desarrollos ha sido posible cuestionar ciertos puntos de vista del modelo de aprendizaje por descubrimiento y se ha mostrado que detrás de todo lo que se denomina la enseñanza tradicional, ha funcionado un modelo conceptual coherente para explicar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias por transmisión-recepción.

Desde el modelo de aprendizaje por recepción verbal significativa, autores como Ausubel (1968) presentaron una distinción conceptual muy importante entre el denominado aprendizaje memorístico y el aprendizaje significativo. El principio nodal del modelo de aprendizaje por recepción significativa de conocimientos científicos es que el aprendizaje resultará ser más significativo y en consecuencia menos memorístico si los estudiantes cuentan con unos conocimientos previos que deben reestructurar para aprender nuevos conocimientos. Ausubel (1968) considera el aprendizaje como un continuo que va desde los aprendizajes de corto plazo hasta los aprendizajes de largo plazo; el primero se da por la memorización, el segundo por comprensiones significativas. Según el modelo, los conocimientos previos que a menudo son producto de conocimientos cotidianos, deben ser reestructurados al momento de incorporar nuevos conocimientos científicos correctos y éstos sólo serán significativos cuando sean aplicados a determinadas experiencias y logren modificaciones de los conocimientos previos iniciales.

En la obra de Ausubel et al (1976) se resalta: "si yo tuviera que reducir la enseñanza a un sólo principio, enunciaría éste: "averígüese lo que el estudiante ya sabe y enséñesele en consecuencia". Para estos autores, la asimilación de conocimientos es un proceso cognitivo complejo que implica relaciones, diferenciaciones conceptuales y reconciliaciones integradoras entre los conceptos que ya existían en la mente de quien aprende, en relación con los nuevos conceptos que deben ser asimilados; ello implica que se hace necesario que los estudiantes cuenten con un tiempo propio para que puedan ligar estos conceptos y hacer las modificaciones en su estructura cognitiva, cosa que no es posible desarrollar con los modelos habituales de transmisión verbal de conocimientos o de aprendizaje por descubrimiento inductivo y autónomo. Empezaría a sugerirse en consecuencia, que las actividades de enseñanza deberían ser replanteadas por parte del profesorado para favorecer estos procesos de reestructuración, para posibilitar los mecanismos de retroalimentación y para comprender que hasta tanto estos procesos no se logren en unos determinados contenidos conceptuales es imposible seguir adelante en el manejo de otros contenidos.

De otra parte, el modelo de aprendizaje por recepción significativa rechazaría una postura epistemológica de carácter inductivista asociada directamente con el aprendizaje por descubrimiento, sin embargo, aunque en el modelo por transmisión verbal significativa los estudiantes empiezan a reconocer una mayor importancia del trabajo experimental, autores como Pozo y Gómez Crespo (2000) muestran como, si bien, el intento de renovación para la superación del aprendizaje por descubrimiento inductivo y autónomo es importante de alguna manera, los presupuestos epistemológicos que conducen al modelo planteado por Ausubel y demás colaboradores, no es absolutamente claro para precisar hasta qué punto se superan posturas epistemológicas inductivistas sobre la ciencia.

Sin embargo, es preciso señalar el desarrollo conceptual que este nuevo modelo fue aportando a la educación científica en la medida que incorporó e integró aspectos teóricos propios de disciplinas tales como la psicología cognitiva y la epistemología de las ciencias como fundamento esencial para no solo replantear las perspectivas de la educación científica sino, para orientar estrategias de enseñanza que dieran cuenta de mejores aprendizajes por parte de los estudiantes. Así pues, se iniciaría lo que algunos autores denominarían la “prodigiosa década de los años 80” (Martínez - Terrades, 1998).

Los avances importantes en los intentos de mejora del aprendizaje en las ciencias, pero también los fracasos que ellos generaban, han sido descritos ampliamente por autores como Carretero (1987) y Pozo (1989). En estos trabajos se advierte la imposibilidad de disponer de teorías únicas del aprendizaje que puedan explicar lo que sucede en cualquier ambiente de aprendizaje, es decir, es imposible suponer la equipotencialidad metodológica en el sentido de suponer que estas leyes de aprendizaje no son independientes del contenido de los temas que se tratan. Esto explica el desarrollo de teorías psico-educativas que desde la década de los 80 empezarían a fortalecerse a partir de trabajos como los elaborados por Driver (1973, 1983, 1986) y Viennot (1976, 1989) y que constituirían el famoso movimiento de las concepciones alternativas. En este movimiento, uno de los primeros aspectos a tener en cuenta han sido las críticas muy fuertes que desde la filosofía de la ciencia se han hecho a las posturas epistemológicas subyacentes a los modelos de enseñanza por transmisión verbal, por descubrimiento inductivo y autónomo y al

aprendizaje por recepción verbal significativa. Análisis críticos como los elaborados por Hodson (1985), Duschl (1995), Stenhouse (1975), Abimbola (1988), Pintó, Aliberas y Gómez (1996), Furió (1994) y Gil (1985) entre otros, muestran la abundancia y los avances en la fundamentación conceptual que desde la Didáctica de las Ciencias se fortaleció a partir de estas discusiones.

De otra parte, aparecieron críticas invocadas desde puntos de vista de la psicología (Linn, 1987, citado por Martínez - Terrades 1998), quien sugeriría la evidencia que empezaban a aparecer problemáticas conceptuales de la ciencia y de la enseñanza de las ciencias apoyadas en una importante proliferación de conocimientos propios de la psicología del aprendizaje. De alguna manera, esto fue dando lugar a la idea que los alumnos poseen ideas y creencias sobre el mundo natural antes de los procesos formales de aprendizaje y que en consecuencia, estas ideas pueden convertirse en obstáculos para el aprendizaje.

Las ideas alternativas se definían con algunas características tales como:

- afectan a porcentajes importantes de estudiantes,
- se admiten como evidencias que no precisamente son cuestionadas,
- son posibles de detectar en distintos niveles educativos y en estudiantes de diferentes medios y,
- no se modifican fácilmente por la enseñanza habitual.

Empezaría así, una corriente muy importante de investigaciones sobre la detección de errores conceptuales que daría lugar a un conjunto de experiencias de aprendizaje en diferentes ámbitos conceptuales de la ciencia, en procura de identificar errores conceptuales propios por parte de los estudiantes.

La investigación en educación científica sobre los denominados movimientos de las Concepciones Alternativas o Ideas Alternativas, ha contribuido fuertemente a cuestionar las visiones simplistas del aprendizaje y la enseñanza de la ciencia, superando la creencia que la actividad de enseñar es una actividad simple, casi de sentido común y donde simplemente basta con saber la materia que se enseña para ser un buen profesor; de otra parte este movimiento de investigación en educación

científica, ha mostrado importantes resultados interdisciplinarios conectándose no solamente con aspectos propios de la psicología cognitiva y la filosofía y la historia de la ciencia, sino también con estudios sobre el lenguaje y la epistemología genética.

A medida que se empiezan a considerar aspectos relacionados con el papel activo por parte del estudiante en la construcción de sus propios conocimientos, lo cual se logra a partir de investigaciones orientadas por parte del profesorado a través de actividades organizadas en el currículo de ciencias, empieza a hablarse realmente de los inicios conceptuales de un modelo constructivista en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias. La noción de constructivismo como corriente de pensamiento contemporáneo, ha impactado en diferentes ámbitos, especialmente en la psicología, en la epistemología y en la didáctica. En la psicología, ofreciendo explicaciones acerca del papel de la cognición humana en la elaboración de aprendizajes como modelo para comprender la actividad intelectual de las personas cuando resuelven problemas; desde esta perspectiva, se encuentran diferencias fuertes respecto al paradigma conductista del aprendizaje. En la epistemología, las tesis constructivistas nos ayudan a reflexionar sobre los “objetos del saber” a partir de las relaciones entre los datos empíricos (hechos) y las construcciones teóricas (teorías) que hacemos sobre los hechos (Astolfi, 2001). La perspectiva epistemológica constructivista, propuesta en tesis tales como las del Racionalismo Aplicado de Bachelard (1938, 1968) y en los trabajos Kuhn (1962) y Lakatos (1978) con las teorías científicas entendidas como paradigmas que cambian en revoluciones científicas y con las teorías científicas como programas de investigación científica respectivamente, se opone a las empiristas y positivistas sobre el conocimiento científico que suponen que el conocimiento va desde fuera hacia dentro del sujeto, es decir que la realidad existe *per se* y por tanto, la ciencia es un instrumento para descubrirla a partir de observaciones cuidadosas y detalladas sobre el mundo.

De igual forma, la perspectiva constructivista del conocimiento también ha influido en la Didáctica al situar a los alumnos como ejes del aprendizaje escolar el cual es posible en la medida que se desarrollen cambios y recontextualizaciones entre las ideas previas y nuevas ideas enmarcadas desde modelos teóricos científicos

(Astolfi, 2001). En tal sentido, el paradigma constructivista en la enseñanza se opone a los modelos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias por transmisión verbal de conocimientos y del descubrimiento inductivo y autónomo.

Así pues, desde los años ochenta surge la necesidad de reorientar los modelos de enseñanza en la educación científica, debido por una parte, a la emergencia de diversas posturas contemporáneas sobre la naturaleza de las ciencias, y por otra, a los avances en las ciencias de la educación y en la psicología del aprendizaje, factores que condujeron al desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como disciplina que da cuenta de la problemática asociada a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias (Martínez - Terrades, 1998). Estos factores, conducirían al desarrollo de modelos constructivistas sobre la enseñanza y el aprendizaje que se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Lo que hay en el cerebro de quien aprende tiene importancia (Posner et al, 1982; Driver, 1983 y 1986; Burbules y Linn 1991). La mente de los alumnos no es un recipiente vacío que se llena progresivamente con conocimientos en la medida que van progresando en su experiencia como estudiantes; por el contrario la eficacia de la enseñanza depende fundamentalmente de sus conocimientos previos y también de sus actitudes y de sus concepciones sobre el mundo. Las ideas previas de los estudiantes, en este sentido, no solamente son de origen escolar sino también de origen extraescolar, es decir, se explicitan por las experiencias propias del individuo independientemente de su grado de escolarización y le dan luces para aproximarse a la interpretación de un problema, incluso desde el punto de vista de sentido común.
2. La evolución del conocimiento no es lineal y se conoce contra conocimientos anteriores (Bachelard 1938). En el desarrollo mental de los estudiantes se pueden apreciar estadios de pensamiento, sin embargo estos estadios tienen estructuras lógicas diferentes que se traducen en modelos de razonamiento. La eficacia del aprendizaje está en gran medida definida por el nivel de desarrollo cognitivo del estudiante el cual se potencia dependiendo de la naturaleza del conocimiento aplicado y de los conocimientos o experiencias

de los estudiantes. Teniendo en cuenta que el conocimiento científico no progresa en forma acumulativa, sino más bien por rupturas paradigmáticas (Bachelard, 1938), o por competencia entre programas de investigación (Lakatos, 1978) o por evolución y desarrollo de conceptos en nichos teóricos favorables (Toulmin, 1972), es comprensible suponer que el acto de aprender implica cambios débiles o fuertes entre formas de razonamiento, ya sea al contrastar puntos de vista desde el conocimiento cotidiano en relación con conocimientos científicos o incluso, al contrastar puntos de vista entre diferentes teorías científicas. En general, se pretende con estas tesis explicar los paralelismos existentes entre los cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales que caracterizan el desarrollo de los conocimientos científicos, respecto a los cambios en nuestras formas de pensar, de sentir y de actuar que hemos de desarrollar al momento de apropiarnos nuevas formas de comprender la realidad debido al aprendizaje de conocimientos científicos.

3. Quien aprende construye activamente significados (Resnick, 1983; Driver, 1986). Todo conocimiento es construido por el individuo cuando interacciona con el medio y trata de comprenderlo utilizando lenguajes cada vez más precisos. El conocimiento no es una simple internalización automática de la información que nos llega desde el entorno natural o social, es una construcción individual y social de las personas cuando buscamos hacer representaciones e interpretaciones adecuadas en relación con los fenómenos que estudiamos.

4. Aprender significativamente supone establecer relaciones. Los conocimientos que pueden conservarse permanentemente en la memoria no son hechos aislados, sino aquellos muy estructurados y que se interrelacionan de múltiples formas (Gil, 1983; Gil y Carrascosa, 1985; Driver 1986). En el acto del aprendizaje significativo, las personas no conectamos acríticamente una nueva noción como una especie de “adición al glosario de términos”, sino que por el contrario, generamos significados cuando somos capaces de conectar adecuadamente la información que tenemos con la nueva información que estamos aprendiendo. Esto nos dice que los esquemas mentales ya existentes en los seres humanos pueden ser modificados y reorganizados

dependiendo del nivel de aprendizaje. La apropiación de conocimientos no solamente se debe a los resultados de nuestras experiencias curriculares en la escuela, ya que también se da por nuestras experiencias cotidianas respecto a lo que ocurre en el mundo físico y vivo, objetos de estudio de la educación científica.

5. Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje (Shibecci, 1984; Shibecci, 1986; James y Smith, 1985; Yager y Penick, 1986; Driver y Easley, 1978). El aprendizaje requiere que los individuos potenciemos estrategias metacognitivas, es decir, que seamos conscientes de lo que aprendemos, de los cambios de orden conceptual, metodológico y actitudinal que vivenciamos al poder explicar una cierta porción de la realidad desde perspectivas diferentes, y ante todo, de la necesidad de desarrollar actitudes positivas hacia el conocimiento y hacia el aprendizaje como alternativas para predisponernos de mejor forma en los procesos de aprendizaje.
6. El aprendizaje significativo requiere una serie de condiciones o situaciones problemáticas de interés (Gil, 1986; Gil et al, 1991). Para poder construir activamente significados a partir de cualquier experiencia, es absolutamente necesario que ésta se vea influenciada por una serie de variables que permitan poner en cuestión nuestros esquemas conceptuales y nuestros esquemas metodológicos precedentes; en tal sentido los factores que más importancia tienen en el aprendizaje son la propia autoestima del estudiante y su interés por desarrollar actividades de aprendizaje cada vez más significativas para ellos.
7. El aprendizaje significativo requiere una serie de condiciones. Además de las actitudes que el estudiante debe generar para un adecuado proceso de aprendizaje, también es necesario que se hagan esfuerzos por aprender nuevos conocimientos lo que quiere decir, que se requiere consciencia para comprender que nuestras ideas previas pueden en un momento dado ser contradichas. Buscar contradicción entre conocimientos, ideas, creencias y metodologías previas en relación con nuevos conocimientos, ideas, creencias y metodologías, es un factor importante que se requiere en el aprendizaje

significativo. En general, es preciso tener en cuenta que entre más rica sea la red cognitiva de los estudiantes, mayores serán las posibilidades para que pueden construir mejores y nuevos significados.

8. Los conocimientos que se aprenden no solamente son de naturaleza conceptual (Pozo, 1989). Autores como Duschl y Gitomer (1991) y Furió y Gil (1999) hacen referencia a la clarificación de los contenidos de conocimiento científico que deben ser aprendidos en un proceso de enseñanza y aprendizaje; de hecho estos autores nos recuerdan que los contenidos en la ciencia no son solamente conceptuales sino también metodológicos y actitudinales, entendiendo que la ciencia no es solamente un conjunto de teorías y en ellas, principios, leyes y conceptos, sino una forma particular de proceder y de actuar ante el mundo. Ello implica que nuestra interacción con la realidad no sólo se da con herramientas teóricas sino también y simultáneamente, con metodologías específicas dependientes de los modelos teóricos empleados (son la aplicación concreta de las teorías) y con predisposiciones derivadas de los modelos teóricos que orientan esta interacción y que determinan nuestras ideas, creencias, grados de aceptación o rechazo y tomas de decisiones.

9. En consecuencia aprender ciencia va mucho más allá que aprender significativamente contenidos conceptuales ya que también implica aprender para cambiar actitudes y metodologías. A este respecto, Bachelard (1938) afirmaba que aprender ciencia no es adquirir una nueva cultura experimental sino cambiar de cultura experimental. Así las cosas, el aprendizaje de las ciencias no solo persigue modificaciones en lo que debemos saber sobre el mundo, sino también en lo que podemos y debemos saber hacer y hacer en relación con problemas determinados de interés desde las perspectivas de los conocimientos científicos.

1.4. Problema planteado en esta investigación

La formación habitual de los profesores en Colombia ha estado muy próxima a las tradiciones práctico – artesanales y academicistas, tal y como se ha ilustrado en el

apartado anterior. A ello se suma, que los profesores universitarios de química participantes en esta investigación, no fueron desde su formación inicial, formados como tales sino como científicos. Debe recordarse que en Colombia, a menos por ahora, no hay una normatividad especial que exija una preparación pedagógica y didáctica mínima para los profesionales que aspiran a desempeñarse como profesores en Educación Superior. En consecuencia, el problema que se plantea en esta investigación es el siguiente:

¿Cuáles han de ser las características curriculares de un programa de formación de profesores universitarios de química que fundamentadas en los desarrollos recientes de la Didáctica de las Ciencias, favorezcan cambios hacia una epistemología personal y hacia prácticas docentes próximas a modelos de enseñanza de las ciencias de orientación constructivista?

Como variables para esta investigación se propone que la epistemología docente y la práctica docente, que corresponden a un cierto modelo enseñanza, serán en sí mismas la variable independiente. El cambio didáctico, será para esta investigación, la variable dependiente, y la variable interviniente es el programa de formación de profesores universitarios de química que corresponde al tratamiento científico de los problemas didácticos de los profesores universitarios de química. En consecuencia, podemos afirmar que el cambio didáctico que podamos evidenciar en esta investigación resulta ser una función debida a la epistemología personal y a la práctica docente inicial del profesor universitario de química; que con un tratamiento experimental se puede lograr que los profesores universitarios de química conozcan e impulsen su actividad orientada por una epistemología y una práctica docente de orientación constructivista. Para este caso en particular, se ha previsto apoyar la investigación en el modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias por investigación orientada.

Los aspectos de la variable independiente seleccionados para investigar en este trabajo son los siguientes:

- Las visiones que sobre la actividad científica poseen los profesores de ciencias y las relaciones entre estas visiones y las prácticas de aula.

- Las visiones de los profesores de ciencias en relación a cómo consideran que aprenden química los estudiantes y acerca de cómo los profesores consideran que se deben enseñar las ciencias a los estudiantes.
- Las actitudes habituales que hacia la investigación y la innovación en Didáctica de las Ciencias manifiestan los profesores de ciencias y la relación de estas actitudes con las prácticas de aula.

En el marco de todo lo anterior, las primeras situaciones problemáticas que nos permiten contextualizar esta investigación son:

- ¿Cuáles son las visiones de los profesores que hacen parte de esta investigación sobre la actividad científica de la química?
- ¿Cuáles son las visiones de los profesores que hacen parte de esta investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química?
- ¿Cuáles son las actitudes hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias que manifiestan los profesores universitarios de química que pensamos tratar en esta investigación?
- ¿Cuáles son los esquemas de acción que en la práctica docente emplean los profesores universitarios de química que hacen parte de esta investigación?

En la medida en que podamos resolver aspectos propios de la primera hipótesis, estaremos en la posibilidad de abordar una segunda situación problemática, prevista de la siguiente forma: ***Es posible idear un programa de formación continuada de profesores universitarios de química que estructurado como programa de actividades coherente con la investigación y la innovación didáctica de orientación constructivista, involucre los aportes recientes de la historia y la epistemología de las ciencias y favorezca cambios significativos en la***

epistemología docente y en la práctica docente. En caso afirmativo, tendríamos una pregunta subsiguiente:

¿Cuáles pueden ser las dificultades y los logros de cambio en la epistemología docente y en la práctica docente, conseguidos en docentes universitarios de química?

Esperamos dar respuesta a estas preguntas a lo largo de la memoria derivada de la investigación planteada para tal fin.

CAPÍTULO II

EMISIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS (H1 Y H2) DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Introducción

Una vez planteado el problema a investigar y habiendo hecho una aproximación a la base teórica desde el cual se espera abordar, en este capítulo se presentan las hipótesis definidas para identificar y posteriormente modificar, algunas concepciones, actitudes y prácticas sobre la enseñanza de la química, manifestadas por un grupo de profesores universitarios de química que participarán en esta investigación. En tal sentido, en este capítulo se fundamentan cada una de las hipótesis elaboradas para tratar tanto las concepciones, como las actitudes y las prácticas docentes habituales de los profesores que se intervendrán, así como para caracterizar el grado de cambio didáctico identificado por la características conceptuales, actitudinales y prácticas de los profesores luego de su participación en esta investigación.

Posteriormente, se hace referencia a la naturaleza y características de las competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias, como resultado de cambios didácticos significativos, y a las características de la epistemología docente convencional como impedimento para dicho cambio didáctico, las visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmite en la enseñanza, y un análisis crítico a los modelos habituales empleados en la formación del profesorado de ciencias. El capítulo culmina presentando las características de los “modelos eficaces” de formación de profesores de ciencias, coherentes con los presupuestos contemporáneos elaborados al interior de la línea de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Conviene recordar, en consecuencia los problemas centrales que orientan la presente investigación:

¿Cuáles han de ser las características curriculares de un programa de formación de profesores universitarios de química que fundamentadas en los desarrollos recientes de la Didáctica de las Ciencias, favorezcan cambios hacia una epistemología personal y hacia prácticas docentes

próximas a modelos de enseñanza de las ciencias de orientación constructivista?

¿Cuáles pueden ser las dificultades y los logros de cambio en la epistemología docente y en la práctica docente, conseguidos en docentes universitarios de química?

Estos problemas centrales de investigación, como se ha mencionado, requieren para su tratamiento de soluciones en forma de hipótesis que se fundamentarán posteriormente en este mismo capítulo desde el cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, y en particular, desde la línea de investigación sobre formación y desarrollo profesional del profesorado de ciencias.

2.2. Emisión de las hipótesis de la investigación

Para aproximarnos a resolver los problemas antes planteados, se han planteado las siguientes hipótesis que orientan esta investigación:

Hipótesis 1 (H1):

Los conocimientos, las actitudes y la práctica docente de los profesores universitarios de química, corresponden a una epistemología docente y a una práctica docente próximas a modelos de enseñanza de las ciencias espontáneos o tradicionales, fruto de visiones simplistas sobre la ciencia, sobre la enseñanza de la ciencia y sobre su aprendizaje.

Hipótesis 2 (H2):

Un programa de formación de profesores universitarios de química que les permita trabajar en equipos cooperativos e involucrarse en los resultados de la investigación y la innovación en didácticas las ciencias, facilitará en estos profesores un cambio didáctico entendido como un

cambio en la epistemología y en la práctica docente, de manera que sus concepciones sobre la naturaleza de la química y sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química, sus actitudes hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y sus esquemas de acción previstos en relación con la actividad docente y con un trabajo del aula, podrán estar más próximos a orientaciones didácticas de naturaleza constructivista.

2.3. Fundamentación de las hipótesis

En la actualidad, la literatura especializada referencia importantes debates en los cuales se ha puesto en evidencia la relevancia que tienen las problemáticas asociadas con la formación de los profesores en la medida que se afirma que es frecuente encontrar evidencias del uso abrumador que aún persiste en el desarrollo de prácticas docentes centradas en modelos casi exclusivamente ubicados sobre la vía de la exposición acrítica de conocimientos. Esta problemática, que ha sido considerada desde las propias políticas públicas en educación, también se examina hoy en día desde la exigencia social de empezar a replantear la práctica docente con el propósito de favorecer la formación de nuevas generaciones, más analíticas, críticas y reflexivas y menos consumistas y dependientes. Todo ello genera necesariamente nuevas exigencias al profesorado universitario.

En el marco de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, esta situación constituye una excelente oportunidad para diseñar y abordar de una vez por todas, currículos dirigidos a una formación profesional del Profesor Universitario de Ciencias enmarcados desde perspectivas y resultados contemporáneos de la investigación y la innovación en la formación articulada disciplinas - didáctica del profesorado de ciencias. Este reto no solamente hoy en día se hace necesario para el desarrollo de la formación de profesores de ciencias sino que desde la perspectiva de otras didácticas específicas, resulta ser un punto de referencia ya que la formación del profesorado universitario en

otros campos como los de las matemáticas o las ciencias sociales, constituyen ámbitos de investigación didáctica muy fructíferos hoy en día.

Para fundamentar la hipótesis de esta investigación, abordaremos las siguientes temáticas: las competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias, la epistemología docente habitual como impedimento para el cambio, las visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza, el análisis crítico de los modelos de formación del profesorado de ciencias, y las características de los modelos eficaces que pueden favorecer el desarrollo profesional docente.

Estas temáticas se encuentran íntimamente asociadas con la investigación realizada sobre concepciones del profesorado de ciencias, sobre aspectos esenciales de su formación, y en las alternativas para favorecer en ellos su inmersión en la investigación sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales que conduzca a lo que aquí hemos convenido en denominar el “cambio didáctico”.

2.3.1. Competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias

El interés creciente por la cualificación de la Educación Científica ha conducido a que en muchos países, y Colombia no resulta ser la excepción, empiecen a implementarse políticas institucionales dirigidas a repensar la manera como debería organizarse el currículo para la educación científica en la escuela básica, media y superior, así como empezar a definir un conjunto de acciones estratégicas que permitan a corto plazo que los estudiantes, independientemente del nivel educativo que cursen, apropien conocimientos científicos que les permita, no solamente tener buenos niveles de competitividad, sino que demuestren el manejo de conocimientos dentro de unos estándares internacionales. En Colombia, recientemente se han aplicado pruebas TIMMS (Third Internacional Mathematics and Science Study) de cuyos resultados se han podido dilucidar una serie de deficiencias a partir de las

cuales se han propuesto conjuntos de acciones que propenden por la cualificación de la Educación Científica.

Una de esas acciones tiene que ver con la formación del profesorado, fundamentalmente la referencia que se encuentra es que a pesar de los esfuerzos que se han hecho por divulgar de manera explícita los resultados de las investigaciones en las innovaciones contemporáneas en Educación Científica, desarrolladas tanto por autores nacionales como por autores internacionales expertos en la materia, se encuentra que en general el profesorado sigue estando adscrito a modelos de enseñanza habituales, tales como el modelo de enseñanza de las ciencias por transmisión verbal de conocimientos o el modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo.

Quizás una de las principales dificultades es que no existen políticas coherentes desde las cuales, por una parte la formación permanente del profesorado se adelante teniendo en cuenta trabajos de investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias y por la otra, porque los resultados de dichas investigaciones e innovaciones quedan casi siempre en su simple presentación mediante la transmisión de las nuevas ideas, sin que para el profesorado tenga ningún impacto y mucho menos le genere expectativas y actitudes positivas hacia un interés por lograr auténticos cambios didácticos.

Los resultados preliminares obtenidos en la línea de investigación sobre formación del profesorado de ciencias y en el contexto del cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, han demostrado que al hacer una correlación entre los modelos epistemológicos que sobre la docencia tienen los profesores y la práctica docente que consideran o que adelantan, se encuentra una gran proximidad a modelos tradicionales como la transmisión verbal de conocimientos o la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. Lo que todavía resulta ser más significativo es la fuerte similitud entre las concepciones y las prácticas de profesores en formación inicial

respecto a las de profesores universitarios de facultades de educación en ejercicio.

Las ciencias naturales se entienden como parte del contexto social donde se inscriben, se originan, se desarrollan y se aplican, tal como lo planteamos en la sección primera de este texto. Entre tanto, la educación en ciencias naturales se concibe como una práctica que tiene como fin representar el conocimiento, la cultura y los valores propios de una sociedad para la generación siguiente, a través de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de la actividad educativa científica en la escuela. Por esta razón, la educación es estructural a las ciencias.

El conocimiento científico está dado por los contenidos propios de las disciplinas pertinentes para resolver sus problemas específicos, los procesos correspondientes para resolverlos y la aplicación de sus resultados en forma generalizada a situaciones más extensas a las particulares de solución. Es decir, el conocimiento en las ciencias naturales presenta sus contenidos (el *saber qué*), sus procesos experimentales (el *saber cómo*) y sus aplicaciones (el *saber para qué*) como constituyentes de un solo evento epistemológico.

Teniendo en cuenta lo expuesto, las competencias en ciencias naturales se conciben como los criterios que especifican el proceso de enseñanza-aprendizaje para profesores y estudiantes en términos del *saber qué*, el *saber cómo* y el *saber para qué* de los problemas de las ciencias naturales en el contexto educativo.

La concepción epistemológica que supone asumir la construcción del conocimiento en las ciencias naturales como el proceso de integrar sus contenidos, sus procesos experimentales y su aplicación en la resolución de problemas en el mundo de la vida, explica por qué las ciencias naturales en su aproximación al objeto de conocimiento natural, lo hace metodológicamente con las actividades integradas de conocimiento propias de los científicos que

practican dichas ciencias y que en consecuencia, han de ser retomadas y desarrolladas por los profesores de ciencias:

En general, esas actividades son las siguientes -según los planteamientos de autores como Artigas (1989), Bunge (1972), Hempel (1976), Cohen y Nagel (1972), Sabino (1999)-:

1. La observación teórica de los hechos, sean éstos procesos, fenómenos, sistemas o experiencias naturales; esta actividad se basa en la interpretación de los hechos.
2. El registro cuantitativo y/o cualitativo de los datos correspondientes a los hechos observados.
3. El planteamiento del problema con base en la observación teóricamente concebida.
4. Clasificación de los hechos observados.
5. Diseño de modelos experimentales, con base en la formulación de hipótesis y su contrastación a través del control de variables para resolver el problema.
6. Inferencia a partir de los resultados obtenidos; esta actividad se basa en la argumentación de los resultados como consecuencia de las hipótesis planteadas (Sabino, 1999).

A partir del currículo y en general de sus lineamientos, es posible pensar formalmente en unos determinados estándares curriculares, es decir, acerca de los referentes que esperamos alcanzar a través del ejercicio de la enseñanza y del aprendizaje. Desde luego, esto aplica no solo en un currículo dirigido a la enseñanza de conocimientos a los alumnos sino también a currículos orientados a la enseñanza de la Didáctica de las Ciencias a profesores en formación inicial o en activo. Los estándares son referentes básicos de los conocimientos que son indispensables en la formación de una persona (en este caso del profesor de ciencias), constituyen los *qué* deben saberse para un adecuado desempeño en el mundo de la vida y en ella, en el mundo del trabajo; los *cómo* se desarrollan dichos conocimientos y los *por qué* y los *para*

qué de esos conocimientos. Así las cosas, los estándares están estrechamente ligados a los contenidos conceptuales, los contenidos procedimentales y los contenidos actitudinales de las disciplinas.

Estos referentes que por su naturaleza se desglosan en sociales (en el contexto de la cultura para la construcción de la dimensión ética, estética y comunicativa en individuos y en colectivo de individuos), institucionales (en el contexto de los planes de desarrollo de una institución y su pertinencia con el entorno para la construcción de ciudad y nación), pedagógicos (en el contexto de la educación como hecho social), didácticos (en el contexto de la enseñanza) y cognitivos y emocionales (en el contexto del aprendizaje), permiten formular los logros esperados luego del acto educativo, de manera que tienen un nivel de mayor concreción, al punto que pueden ser identificados a través de la evaluación.

Deben distinguirse los *estándares curriculares* de los *lineamientos curriculares*. Los estándares son criterios, parámetros o referentes para saber si un alumno o alumna ha aprendido un determinado saber; los lineamientos proporcionan guías, orientaciones y sugerencias para alcanzar o superar dichos saberes. En este sentido es necesario referirnos a estándares básicos y no a estándares mínimos, pues como referente nos indican lo que debe aprender una persona independientemente del tiempo que tomara para ello. Un currículo ha de definir unos estándares básicos que las personas en un proceso formativo deben alcanzar al cabo de ciertos periodos, para reconocer su pertinencia y en particular, para evaluar entre otras cosas, si los modelos de enseñanza y aprendizaje que se han puesto en escena han resultado eficaces para los propósitos planteados. Corresponde a la institución, al profesorado y a los estudiantes, reconocer conscientemente todas aquellas actividades necesarias para alcanzar estándares básicos y así mismo, todos aquellos obstáculos que lo impiden.

Así las cosas, si dentro de una estructura curricular determinada se ha previsto un cierto modelo de enseñanza por ser el más coherente con los resultados de

aprendizaje esperados, durante el desarrollo del mismo habrán de definirse unos logros de enseñanza y de aprendizaje los cuales podrán ser evaluados por el propio profesor o profesora, por los estudiantes y en general, por su consistencia en la estructura curricular y por el reconocimiento social de la institución, al contrastar lo hipotéticamente diseñado con los resultados efectivamente alcanzados.

Por otra parte, las *competencias* hacen referencia a un conjunto de actitudes, valores, conocimientos y habilidades personales, interpersonales, profesionales y organizacionales que posibilitan el desempeño de los ciudadanos y de las ciudadanas en el mundo de la vida e inserto en él, en el mundo del trabajo. Las competencias están directamente ligadas a los modos de producción de los conocimientos y a la manera como nos predisponemos ante la realidad (natural o social) a partir de los conocimientos que hemos apropiado. Las competencias están ligadas con los contenidos procedimentales y con los contenidos actitudinales de las disciplinas y de las regiones del conocimiento y por tanto, hacen referencia al *cómo* y al *para qué* de los mismos.

Las competencias no pueden ir desligadas del plan cultural previsto en un diseño curricular, pues es desde el currículo donde se prevé el modelo de ciudadano y de profesional (en este caso, de un docente) que se espera formar según las necesidades sociales y laborales en el entorno de campos de conocimiento específicos. Las competencias de contexto las constituyen el ejercicio de la ciudadanía responsable (autonomía) y de pertenencia institucional, las competencias básicas las capacidades de interpretación, argumentación y proposición fundamentadas en conocimientos (pilares de un individuo reflexivo y crítico); y las competencias laborales que son propias y específicas del ejercicio de una profesión u oficio determinado.

El nivel más concreto de los logros, lo constituyen las *competencias* y la evaluación de la coherencia de una propuesta curricular se examina evaluando cada uno de sus niveles (lineamientos, estándares, logros y competencias). Un modelo de gestión del currículo, como el que contemporáneamente se sugiere

desde la acción instrumental de quien lo administra (planear - hacer – verificar – actuar) y desde la acción social y cultural desde quienes en él participan en un proceso de formación (la comunidad educativa que decide y auto evalúa), pretenden darle un sentido de autorregulación al diseño y desarrollo de una propuesta curricular base.

En la actualidad nos referimos a la noción de competencias, como la habilidad y capacidad que tiene un individuo para desarrollar y solucionar problemas de interés social desde la perspectiva de un determinado campo de conocimiento; esas competencias conducen a pensar que un sujeto que realmente aprende de manera significativa y comprensiva una determinada postura en relación con una problemática particular, ha de poner en acción lo que sabe y sabe hacer en un cierto contexto.

En síntesis se asume la noción de competencia como una consecuencia de la estructura actitudinal de un individuo con la cual se identifican las predisposiciones de una persona tanto como ser individual y como ser social, de manera que desde los conocimientos y las prácticas que ha elaborado, puede formular y solucionar problemas interesantes en un contexto específico. Desde esta perspectiva, las actitudes constituyen el eje orientador de esquemas de acción que una persona en un ámbito propio y específico del conocimiento desarrolla; en otras palabras, constituyen el “puente” entre nuestros conocimientos (estructura cognoscitiva) y nuestras prácticas que desde ellos se derivan al poner en escena dichos conocimientos.

Las competencias son en sí mismas de naturaleza cultural; así las cosas, al considerar una persona en su oficio o en su profesión como un individuo que hace parte de un contexto social y que conecta un conjunto de conocimientos desde los cuales orienta el desarrollo de prácticas para formular y resolver problemas de interés (para el caso del profesorado de ciencias, el tratamiento de problemas asociados con la educación científica; el rol profesional del profesor implica la apropiación de competencias científicas, pedagógicas y

didácticas con las cuales, pueda orientar adecuados procesos de aprendizaje de las ciencias en los estudiantes.

En este orden de ideas, la formación del profesorado de ciencias implica la consolidación de personas con claridad individual y social en relación con el papel en la cultura de la educación científica en el pasado, en el presente y en el futuro; con visión crítica de su desempeño profesional en tanto formador de ciudadanos y para el caso del profesorado de ciencias encargado de la formación inicial de profesores de ciencias, de futuros profesores de ciencias; que construye y explicita competencias profesionales para activar sus conocimientos y sus predisposiciones, no solamente hacia el conocimiento científico sino también hacia los conocimientos propios de la enseñanza de las ciencias (conocimientos didácticos); que propicia aprendizajes de las ciencias entendidos tal y como hoy en día se espera, como construcción colectiva y permanente de conocimientos, actitudes y prácticas científicas que proporcionen alternativas para solucionar problemas de interés para el contexto sociocultural de los estudiantes. En síntesis, debemos superar definitivamente modelos de formación de profesores que se reducen a impartir instrucciones en cuanto a aspectos pedagógicos y científicos, y que al final hacen asumir que enseñar es fácil y que basta con saber la materia que se enseña sumado a un poco de destrezas metodológicas para suponerse un “buen profesor”.

En general estaríamos afirmando que para la presente investigación resulta ser de absoluta importancia el desarrollo de las competencias profesionales propias que han de caracterizar a un profesor de ciencias y particularmente a un profesor encargado de la formación de futuros profesores de ciencias. La intencionalidad en este trabajo, consiste en desarrollar cambios importantes a nivel de la epistemología docente, entendidos éstos como cambios que valoran la reestructuración de competencias especialmente en lo que tiene que ver con competencias culturales y competencias profesionales, así también como con el desarrollo de un conjunto de transformaciones a nivel de prácticas docentes, que necesariamente pueden ser evidenciadas a través de la implementación y puesta en escena de nuevas alternativas en lo que a competencias cognitivas

sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias se refiere, tal y como se ha mencionado anteriormente.

Para el logro de estos propósitos, se propuso el desarrollo de uno de los modelos de enseñanza de las ciencias que en este momento más se investiga en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Se trata del modelo de enseñanza y de aprendizaje por investigación orientada, desde el cual se espera que el profesorado de ciencias que se forme desde sus principios, no lo considere simplemente como un curso en el cual apropian acríticamente algunas ideas y nuevas técnicas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, sino que más bien favorece a través del trabajo colaborativo, cooperativo y de reflexión continuada sobre los problemas a los que habitualmente nos enfrentamos los profesores en la práctica docente, la necesidad de encontrar alternativas para cualificar los resultados en cuanto a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, también debemos decir, que para que ello sea posible es necesaria la implementación y la apropiación significativa de nuevas concepciones sobre la ciencia y sobre la enseñanza de las ciencias y fundamentalmente, que se evidencien en la práctica y en el sentir del profesorado, la incorporación significativa de estas nuevas ideas y de estas nuevas posturas sobre la enseñanza de las ciencias.

La consolidación de estos cambios se medirán a través de lo que hemos denominado un cambio didáctico, desde donde suponemos, su podrán apreciar nuevas estructuras propias de una epistemología docente y de una práctica docente alternativa a la convencional, próximas a alternativas didácticas contemporáneas en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias, las cuales son coherentes con los resultados de la investigación y la innovación actual en educación científica. Así pues este cambio didáctico podrá evidenciar la posibilidad de desarrollar una nueva estructura de competencias en los profesores, competencias profesionales sobre la educación científica para poder valorar el resultado y fundamentalmente el impacto que arroja la formación de un grupo de profesores a través de un modelo de formación de

profesores de ciencias apoyado en el paradigma de la enseñanza por investigación orientada.

Desde una perspectiva epistemológica y para los efectos de esta investigación, consideramos que la actuación del profesor se valora simultáneamente junto con una perspectiva práctica en las actuaciones docentes. La epistemología docente y la práctica docente, conforman lo que según Kuhn (1962), es la estructura de una “matriz disciplinar” que da cabida a la estructura global en la que se sostiene la actuación profesional de un profesor de ciencias. Esta “matriz disciplinar” en consecuencia, fundamenta elementos conceptuales y elementos actitudinales necesarios para desarrollar la estructura compleja de conocimientos, ideas y creencias de un profesor acerca de la enseñanza de las ciencias, pero también fundamenta efectos de carácter metodológico en lo que tiene que ver con los esquemas de acción propios de la práctica docente del profesorado.

La “matriz disciplinar” puede entonces ser caracterizada como un modelo didáctico habitual, si es que es compatible con esquemas habituales de enseñanza, o con un modelo alternativo más alejado de lo habitual y más cercano a esquemas de enseñanza contemporáneos postulados desde la educación científica.

El cambio didáctico esperado en lo que tiene que ver con la transformación de unas prácticas y de unas epistemologías habituales a nuevas prácticas y epistemologías contemporáneas, podrá ser evidenciado a través del reconocimiento de una “matriz disciplinar” alternativa que pueda ser identificada y vivenciada por el profesorado, desde donde sea posible contrastar los alcances de los diferentes modelos de enseñanza, lo que en últimas implicaría para que este cambio pueda mostrarse como exitoso, la consolidación de una estructura de competencias profesionales docentes diferentes a las que habitualmente se suelen manifestar y se suelen poner en escena al momento del desarrollo del acto educativo.

Según Copello y Sanmartí (2001), la extensión de la idea de epistemología personal docente a la formación permanente del profesorado de ciencias, se comprende en la medida en que el cambio didáctico logrado por un programa en el cual este inserto un profesor, depende fundamentalmente de su sistema personal de valores y de actitudes iniciales, así como de las interacciones que en este sistema pueda jugar el profesor en el desarrollo del programa. En este supuesto resulta lógico suponer, que la epistemología personal docente participa de las actitudes y de los valores asumidos socialmente en la enseñanza Gil (1983), Furió (1994).

Finalmente, se puede insistir en que cuanto más estable se encuentre la epistemología propia del profesor en una estructura de valores y de actitudes de las enseñanzas habituales y convencionales, mucho más difícil será el logro de estos cambios; ello exige la consolidación y la intervención del profesorado en programas directamente enfocados hacia una transformación de sus competencias didácticas y en consecuencia de cambios hacia modelos didácticos alternativos que les signifique mayores éxitos. Trabajos como los desarrollados por Briscoe (1991) y por Furió y Gil (1999), demuestran que para que estos programas sean exitosos requieren ser explícitamente orientados para tal fin, lo que necesariamente supone la superación de programas en los cuales simplemente se informa a los profesores acerca de nuevas tendencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En un trabajo publicado por Gil (1991), se da cuenta de los conocimientos y capacidades que debe saber, saber hacer y hacer un profesor de ciencias para poder enfrentarse con relativo éxito a la enseñanza de las disciplinas científicas. Este trabajo sintetiza aquellas competencias profesionales de los profesores de ciencias, las cuales se recapitulan a continuación:

CONOCER LA MATERIA A ENSEÑAR:

Además de un conocimiento significativo de la materia, conocer también:

- Los problemas que originaron la construcción de dichos conocimientos, cómo llegaron

a articularse en cuerpos coherentes, cómo han cambiado y qué dificultades se han tenido en su desarrollo.

- La metodología empleada en la construcción de conocimientos (cómo abordan los especialistas los problemas, cuáles son las características de su actividad).
- Las interacciones ciencia/técnica/sociedad asociadas al conocimiento de la materia.
- Desarrollos recientes y sus perspectivas para favorecer una imagen dinámica.
- Algunas relaciones con otras materias para poder abordar “problemas frontera”.
- Saber seleccionar contenidos adecuados, que sean asequibles a los estudiantes y susceptibles de interesarles.

CUESTIONAR ARGUMENTADAMENTE EL PENSAMIENTO DOCENTE ESPONTÁNEO:

Conocer el pensamiento espontáneo del profesorado, producto de la impregnación ambiental, acerca de:

- Imagen del conocimiento especializado (para cuestionar la introducción habitual de conceptos, la forma como se abordan los problemas y los trabajos prácticos).
- La reducción habitual de la enseñanza de los conocimientos especializados a ciertos contenidos y destrezas (para cuestionar el olvido de aspectos históricos y sociales, y para cuestionar la primacía de la “extensión de los currículos”).
- Imagen del carácter “natural” del fracaso de los estudiantes (para cuestionar el determinismo biológico, el sexista y el sociológico).
- La infravaloración de las actitudes de los alumnos (para cuestionar la influencia que tienen en el aprendizaje y para indagar sobre sus orígenes y persistencia).
- Imagen social de la actividad docente (para cuestionar el clima de frustración o la idea de una enseñanza “capaz de cambiar el mundo”).
- Imagen innatista o ambientalista de la enseñanza (para cuestionar la idea que un buen profesor es una persona formada exclusivamente en características personales, o que sólo basta con saber la disciplina a enseñar).
- Imagen de la administración escolar (para cuestionar el autoritarismo o el simple “laissez – faire”).

ADQUIRIR CONOCIMIENTOS TEÓRICOS SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE:

Conocer algunos de los resultados más significativos de la investigación y la innovación actual en Didácticas Especiales, en particular:

- Reconocer los modelos didácticos habituales y alternativos desarrollados en la enseñanza de las disciplinas.
- Reconocer las tendencias habituales y alternativas sobre el aprendizaje de las disciplinas.

- Reconocer resultados de investigaciones que relacionan modelos didácticos con modelos de aprendizaje.
- Adquirir conocimientos sobre psicología humana que permitan favorecer sus aprendizajes.
- Reconocer los estudios sobre actitudes de los alumnos, sobre su origen, persistencia y posibilidades de cambio.
- Reconocer los estudios sobre concepciones previas de los alumnos, sobre su origen, persistencia y posibilidades de cambio.
- Reconocer los estudios sobre introducción de conceptos, trabajos prácticos y resolución de problemas.
- Reconocer los estudios sobre las tendencias habituales y aquellos más acordes con los resultados de la investigación didáctica en evaluación.

CRITICAR FUNDAMENTADAMENTE LA ENSEÑANZA HABITUAL:

Conocer algunos resultados de la investigación y la innovación actual en Didáctica de las Ciencias experimentales sobre la formación inicial y permanente de profesores y sobre modelos de cambio didáctico, en particular:

- Identificar las limitaciones habituales de los currículos enciclopédicos (reconocer que la construcción de conocimientos toma “su tiempo propio”).
- Identificar las limitaciones de la forma habitual de introducir conceptos.
- Identificar las limitaciones de la forma habitual de desarrollar trabajos prácticos.
- Identificar las limitaciones de los problemas habitualmente propuestos (como simples ejercicios algorítmicos y repetitivos).
- Identificar las limitaciones habituales de la formación inicial y continuada de profesores.

SABER PREPARAR ACTIVIDADES:

Saber transformar contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales en programas de actividades (tratamiento de situaciones problemáticas).

Saber orientar actividades de iniciación:

- Plantear actividades que proporcionen una concepción e interés preliminar.
- Tener en cuenta ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes que los alumnos ya poseen.
- Tener en cuenta los pre-requisitos para el estudio a realizar, no dándolos por sabidos sin la necesaria revisión (¡no olvidar las leyes del olvido!).

Saber orientar actividades de desarrollo:

- Plantear situaciones problemáticas para un estudio cualitativo.
- Proponer la formulación de problemas precisos (a partir de las situaciones problemáticas y de su tratamiento especializado, con introducción de conceptos, emisión de hipótesis, etc.).
- Plantear la elaboración de estrategias de resolución y diseños experimentales para la contrastación de hipótesis (en caso que a ello haya lugar).
- Proponer la resolución y el análisis de los resultados obtenidos por los alumnos, lo que puede convertirse en ocasión de conflicto cognoscitivo y hacer posible la introducción de las concepciones especializadas.
- Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos.
- Dirigir todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente de los conocimientos científicos.
- Orientar el tratamiento de las relaciones ciencia/tecnología/sociedad que enmarcan el desarrollo científico y favorecen la toma de decisiones.

Saber orientar actividades de síntesis:

- Plantear actividades adecuadas de acabado: síntesis, esquemas, mapas conceptuales, diagramas heurísticos, elaboración de productos, planteamiento de nuevos problemas, etc.

SABER DIRIGIR LA ACTIVIDAD DE LOS ALUMNOS:

- Plantear abiertamente las actividades a realizar, que brinden información inicial clara y que interesen a los alumnos.
- Facilitar el trabajo en pequeños grupos y los intercambios enriquecedores, dirigiendo adecuadamente las puestas en común y tomando decisiones fundamentadas en el complejo contexto que supone la clase.
- Facilitar oportunamente la información necesaria para que los alumnos contrasten la validez de su trabajo y aborden nuevas perspectivas.
- Realizar síntesis y reformulaciones que diferencien los aportes de los alumnos y orienten debidamente el desarrollo de la tarea.
- Saber actuar, en síntesis, como experto capaz de dirigir el trabajo de varios equipos de “investigadores novatos” y de transmitir su propio interés por la materia y por el desarrollo intelectual de los alumnos.

- Crear un buen clima de funcionamiento de la clase, basándose en que una “buena disciplina” es el resultado de un trabajo interesante y de correctas relaciones entre profesor y alumnos marcadas por la cordialidad y la aceptación.
- Contribuir a establecer formas de organización escolar que favorezcan interacciones fructíferas entre el aula, la institución y el medio exterior.

SABER EVALUAR:

Concebir y utilizar la evaluación como herramienta para la mejora de la enseñanza y del aprendizaje ya que permite suministrar retroalimentación adecuada. En particular:

- Ampliar el concepto y la práctica de la evaluación al conocimiento de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales que interese contemplar en el aprendizaje de los conocimientos, superando su habitual limitación a los “conocimientos teóricos”.
- Superar la imagen de la evaluación como el medio mediante el cual los alumnos repiten las explicaciones suministradas por el profesor.
- Superar la imagen de la evaluación como instrumento para sancionar o aprobar el aprendizaje logrado.
- Superar la imagen de la evaluación que favorece el aprendizaje memorístico de contenidos conceptuales y la resolución operativa de trabajos prácticos y de ejercicios de lápiz y papel.
- Superar la imagen de la evaluación como actividad terminal de una unidad o de un tema.

SABER UTILIZAR LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES:

Reconocer las Didácticas Especiales como disciplinas que dan cuenta de la problemática asociada con la enseñanza y el aprendizaje de los conocimientos, en particular:

- Estar familiarizado con la investigación y la innovación didáctica, conocer las líneas de investigación prioritarias y su aplicabilidad al trabajo en el aula.
- Tener una mínima preparación para realizar (participar en) investigaciones e innovaciones.
- Plantear la preparación de los programas de actividades y toda la labor docente como un trabajo colectivo permanente de investigación, innovación y toma de decisiones fundamentadas.

2.3.2. La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio

La investigación en educación científica ha venido resaltando en el ámbito de la formación de profesores, la importancia al reconocimiento de la epistemología docente como fuente para comprender y transformar esquemas de acción alrededor del proceso de enseñanza - aprendizaje de las ciencias; esto debido a que la epistemología docente puede operar de manera explícita o implícita y a que se puede constituir como un obstáculo para el desarrollo de una práctica docente eficaz (Gil, 1991; Bell, 1998).

En un reciente trabajo elaborado por Carnicer y Furió (2002) se hace referencia a trabajos adelantados por Tobin y Espinet (1989), Bell y Pearson (1992) y Briscoe (1991) y apoyados en estas tesis, indican que en definitiva, para transformar lo que los profesores y los alumnos hacemos en clase es necesario el reconocimiento de la epistemología docente, tanto sobre la enseñanza como sobre el aprendizaje.

El reconocimiento de la epistemología docente, nos brinda las claves necesarias para comprender los conocimientos y las actitudes de los profesores en torno a la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y en definitiva, el currículo. La epistemología docente habrá de permitirnos el logro de reestructuraciones didácticas débiles o fuertes y en general, nos ha de permitir comprender las características de la práctica docente. En contraposición, no tener en cuenta la epistemología del docente al momento de diseñar programas de formación inicial o continuada del profesorado de ciencias, puede constituirse en un serio impedimento para el desarrollo de cambios didácticos. La investigación en Didáctica de las Ciencias viene interesándose por conocer lo mejor posible la epistemología que subyace en cualquier modelo de enseñanza, desde los más frecuentemente utilizados hasta los más contemporáneos, dado que brinda las pautas conceptuales para poder describir el pensamiento y las acciones de los profesores.

Carnicer y Furió (2002), muestran en un interesante documento cómo la investigación que se ha hecho sobre la epistemología personal docente, ha sido documentada por Porlán (1989) desde perspectivas del desarrollo de hipótesis de progresión teórica aunque con poca información contrastada sobre los modelos que se explicitan desde ella; según estos autores hoy se sigue careciendo de un significado claro de lo que podríamos denominar epistemología docente. Fundamentan su apreciación sobre el principio de la dispersión terminológica que existe sobre este dominio lo que conduce a pensar que con ello ocurre algo parecido a lo que se ha presentado en otros ámbitos de la Didáctica de las Ciencias, especialmente en los primeros años de investigación sobre la problemática asociada con las concepciones alternativas de los estudiantes y su relación con el aprendizaje de las ciencias. Briscoe (1991) denomina epistemología personal docente al énfasis que hay sobre las creencias, las concepciones o simplemente las ideas del profesor sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y como éstas se originan.

De otra parte, Oliver y Koballa (1992) registran las características comunes del constructo “creencias” encontradas en la investigación didáctica, resaltando que dichas creencias se adquieren mediante la comunicación y acaban guiando la acción; Claxton (1987) se refiere al carácter sistémico y coherente de pensamiento del profesor y lo denomina teorías personales docentes.

Examinando estas diferentes posturas, Carnicer y Furió (2002) demuestran cómo unos y otros diferencian el pensamiento del profesor de la acción educativa y en consecuencia sugieren que es lógico suponer plantear como problemas de investigación en formación de profesores, las relaciones que existen entre la epistemología personal docente y la práctica personal docente. En tal sentido, se encuentran trabajos que presuponen la existencia de cierta correlación entre pensamientos y acciones, particularmente en lo que se refiere a las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica docente; Tobin y Espinet (1989) describen algunas investigaciones por estudios de casos, donde dos profesores investigados creían que la ciencia es un conjunto de verdades que habrían de trasvasarse a la mente de los estudiantes, sin

tener en cuenta el carácter hipotético del conocimiento científico, lo que mostraría de alguna manera relaciones entre una concepción de la epistemología docente (basada en ciertas posturas sobre la ciencia más centradas en elementos de naturaleza positivista e inductivista) y ciertos modelos de enseñanza de corte estrictamente transmisivo.

Sin embargo, también se encuentran otros trabajos como los elaborados por Hodson (1993), donde se muestran relaciones más complejas entre la epistemología y la práctica docente, de manera que llama la atención sobre si es posible pensar una relación directa causa-efecto entre una y otra. La complejidad de estas relaciones, ha hecho que algunos investigadores se inclinen por conceder mayor énfasis al estudio de la práctica docente que a las creencias epistemológicas de los profesores y más bien han procurado derivar a partir de los hallazgos realizados sobre la práctica docente, las características fundamentales de dicha epistemología.

Tobin et al (1993) estudiaron las relaciones entre la epistemología y la práctica docente de un profesor tutoriado y quien manifiesta creencias de naturaleza objetivista acerca del conocimiento científico, es decir, concibe estos conocimientos como verdades a las que tenemos acceso los seres humanos a través de la acción científica. En el trabajo desarrollado por estos autores se logró con el apoyo de la tutoría, que el profesor apropiara un conjunto de creencias de naturaleza constructivista, aunque no correspondían con su práctica docente. Se encuentra en este caso, un ejemplo de otro modelo de trabajo en el cual se logran transformaciones a nivel conceptual, es decir a nivel de la epistemología docente, pero no así a nivel de la práctica docente.

Los autores han interpretado este hecho diferenciando la epistemología personal del profesor de la epistemología en la acción, haciendo referencia a que la primera es un conjunto de esquemas mentales que realmente guían la acción del profesor en el aula. Tobin y otros investigadores (1993) sostienen que los profesores han desarrollado su acción basándose en rutinas prácticas, guiadas por su epistemología en la acción, las cuales en la mayoría de las

veces son más consistentes con modelos de las ciencias centrados en el objetivismo y no en el constructivismo.

El grupo IRES (Investigación en la escuela de la Universidad de Sevilla), ha propuesto algunos modelos epistemológicos docentes que a título de hipótesis de progresión vendrían a constituir cuatro niveles de formulación del conocimiento profesional, particularmente en los trabajos desarrollados por Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1997 y 1998); en otros trabajos de este mismo grupo de investigación se han identificado algunos obstáculos que en relación con el conocimiento profesional, pueden presentar las percepciones más habituales entre los profesores (Porlán, Rivero, y Martín del Pozo, 1997).

Carnicer y Furió (2002), presentan un replanteamiento de la idea de epistemología docente, con lo cual intentan resolver por una parte, la dispersión conceptual existente en la investigación en formación de profesores, y por otra la complejidad de las relaciones entre creencias y prácticas docentes. Asumen estos autores que al referirnos a la idea de epistemología docente hemos de referirnos a un sistema dinámico de actitudes y valores del profesor hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que abarcaría desde las creencias sobre la ciencia y su enseñanza y aprendizaje, hasta los esquemas de acción como antecedentes de la práctica docente.

En esta memoria, se considera la perspectiva de epistemología docente siguiendo la ruta propuesta por Carnicer y Furió (sistema dinámico de actitudes y valores) aunque también se incluyen los conocimientos propios no solamente sobre la ciencia y sobre la estructura epistemológica del conocimiento científico sino también, sobre la didáctica de la ciencia y su estructura epistemológica. En tal sentido se insiste en la conformación de un sistema dinámico y complejo establecido por conocimientos y actitudes sobre la ciencia, la actividad científica, y la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, que impregnan y sirven de antecedente conceptual y cognitivo para comprender y desarrollar la práctica docente entendida ésta como un sistema de esquemas de acción

fácilmente verificables a través del trabajo explícito que el profesor realiza en el aula de clase con sus estudiantes.

Hay que recordar trabajos desarrollados muy importantes sobre las actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como el que adelantó Simpson et al en 1994, autores que han mostrado las relaciones complejas y problemáticas entre las actitudes y la conducta, donde no siempre existe una correlación directa entre ambas. Sin embargo, el modelo de formación actitudinal utilizado en el aprendizaje de las ciencias y denominado modelo de acción razonada y de conducta planificada, sugerido por Fishbein y Ajzen (1975 - citado por Carnicer y Furió 2002), supone cierta coherencia y circularidades entre actitudes y conductas. Este mismo modelo de formación actitudinal puede ser aplicado a la formación continuada de los profesores de ciencias y permite, como diría Carnicer (1998), explicar el carácter problemático y sistémico de la epistemología docente. Para los efectos del presente trabajo, suponiendo la tesis fijada por Fishbein y Ajzen (1975), se intenta mostrar la coherencia y circularidad que puede haber entre conocimiento y actitudes como modelo complejo entre la epistemología docente y la conducta desarrollada por el profesor a través de la explicitación de los esquemas de acción previstos en la práctica docente.

Así pues, se considera en el presente trabajo que la epistemología personal docente constará de una componente conceptual, basada en los esquemas de conocimientos propios sobre la ciencia y sobre la enseñanza de las ciencias, asociada con una componente cognitiva conformada por un conjunto de ideas y creencias, una componente conativa (tomas de decisión) y una componente valorativa (grados de aceptación y rechazo) que los profesores manifiestan en relación con la ciencia y con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Siguiendo la propuesta desarrollada por Simpson et al (1994), estas últimas tres componentes citadas conforman una más global: la componente actitudinal que junto con la conceptual y la metodológica, estructura el saber hacer, el saber y el hacer respectivamente, competencias básicas e indelegables de una persona en el ejercicio de una actuación profesional o de un oficio. La

correlación entre las actitudes y los conocimientos de los profesores en relación con la ciencia y sobre la naturaleza del conocimiento científico, consolidan lo que para los efectos de este trabajo se denomina la epistemología docente.

Dado que el trabajo en Educación Científica no se considera un proceso neutral y sí más bien asociado con unos intereses curriculares, con políticas educativas y fundamentalmente con la consolidación de un conjunto de conocimientos y creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, debemos considerar al profesor como un sujeto social donde su trabajo está continuamente configurándose y reestructurándose en cuanto a conocimientos, ideas, actitudes y esquemas de acción como factor para su desarrollo profesional y para la modificación de sus prácticas educativas.

Por lo tanto, no hay que olvidar que la práctica pedagógica de los docentes desde un comienzo está impregnada por una formación ambiental basada en la experiencia que como estudiantes han tenido y que después se consolida en la actividad profesoral, así pues, si se piensa en la consolidación de un modelo epistemológico docente que nos permita realmente transformar la práctica docente, debemos considerar los conocimientos, las actitudes y las prácticas previas para que a partir de ellas, en un aprendizaje continuo, se apropien mediante cambios radicales o reestructuraciones débiles según sea el caso, nuevos conocimientos, actitudes y prácticas que de igual forma, serán susceptibles de modificar cuando las necesidades y expectativas profesionales así lo ameriten.

En tal sentido debemos ubicar una realidad latente, al menos en Colombia. Es posible encontrar profesores universitarios de ciencias a quienes desde su formación profesional base no se les ha preparado explícitamente para su desempeño como profesores de ciencias, sin embargo tal y como lo refieren Garrett et al (1990), a pesar de no poseer conocimientos didácticos explícitamente elaborados, no puede olvidarse la experiencia que desde su vivencia como estudiantes han adquirido, así como su propia experiencia docente desarrollada así sea de manera empírica. Desconocer los

conocimientos y las prácticas docentes previas, pueden constituirse en obstáculos para el desarrollo de auténticos cambios didácticos.

A continuación se muestran algunos resultados de la investigación contemporánea en formación de profesores en relación con sus concepciones hacia el conocimiento científico y hacia la actividad científica, así como también otras concepciones de naturaleza didáctica. En relación con las concepciones científicas del profesorado, según Porlán (1998), en el contexto de la Didáctica de las Ciencias se prestaba principal atención a los aspectos procedimentales y estructurales del pensamiento del profesor, sin embargo, este autor indica cómo en los últimos años ha habido un interés creciente por indagar y comprender acerca de las concepciones de los profesores. Así, en esta perspectiva, se han venido desarrollando diferentes tipos de estudios en el marco de la línea de formación de profesores.

Entre ellos destacan aquellos que se centran, por una parte, en las ideas de los profesores acerca del conocimiento científico, su naturaleza, su estatus, sus reglas de producción y validación, su relación con otros conocimientos, la manera como cambia y progresa, etc. Por otro lado, los que abordan las creencias pedagógicas que incluyen un amplio rango de aspectos relacionados con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias, y finalmente, los que procuran identificar relaciones entre el conocimiento y su construcción y transmisión en el contexto escolar, lo que llamaría Porlán (1989) y Pope y Scott (1983) la epistemología de lo escolar.

Varios autores como Pope y Gilbert (1983), Gordon (1984), Gil (1991), Lederman (1992) y Kouladis y Ogborn (1995), citados por Porlán, Rivero y Martín del Pozo (2000), hacen referencia a cómo los profesores transmiten una imagen deformada del conocimiento del trabajo científico, imagen muy distante a los aportes recientes de la epistemología de la ciencia, y cuya problemática en consecuencia, debe ser necesariamente revisada en cualquier proceso de formación de profesores. Gordon (1984) muestra cómo una imagen deformada de las concepciones epistemológicas de los profesores de ciencias terminan

presentándola como un proceso acabado, un proceso que conduce a verdades absolutas y a los científicos como seres de inteligencia superior.

En este sentido también se muestra, cómo incluso los medios de comunicación y el lenguaje cotidiano contribuyen también a difundir a la sociedad esos mitos que pueden ser fácilmente impregnados en el profesorado si no se le dedica especial atención sobre estos aspectos a lo largo de su proceso de formación tanto inicial como continuada. En general, estos mitos habituales dados cotidianamente, hacen suponer el progreso científico como el resultado de grandes golpes de suerte, a los científicos como seres casi no-humanos y salidos de lo común, imaginados como personas que se dedican a develar y a encontrar las verdades ocultas de la naturaleza y a desarrollar experimentos siempre infalibles.

En un estudio empírico realizado sobre este aspecto por Cotham y Smith (1991) se desarrolló un cuestionario denominado "Conceptions of Scientific priorities test" el cual consta de cuatro dimensiones: implicaciones de naturaleza ontológica, la génesis, la elección y la comprobación de teorías y en cada una de estas dimensiones buscaban dos alternativas epistemológicas: para el caso de lo ontológico, las relaciones entre el realismo y el instrumentalismo, para el caso de la génesis la relación entre inductivismo e invención, para el caso de la elección de teorías la relación entre el objetivismo y el subjetivismo, y para el caso de la comprobación de teorías la relación entre tentativismo y conclusionismo.

Los datos señalan que los profesores de primaria terminan siendo conclusivistas a la hora de comprobar las teorías, inductivistas para explicar cómo se genera el conocimiento científico y objetivistas para elegir entre teorías que rivalizan. En otro trabajo, Lederman (1992), pone de manifiesto una tendencia reiterada por parte de profesores y estudiantes para profesores de ciencias hacia las características de naturaleza positivista o empiro-inductivista del conocimiento científico. Por otra parte, en el trabajo de Kouladis y Ogborn (1989), se demuestra que existen evidencias de otros puntos de vista sobre el

conocimiento científico que constituyen una cierta evolución desde una imagen empiro-inductivista hacia planteamientos más contextualizados.

En este trabajo, Kouladis y Ogborn (1989), trabajaron con una muestra de 12 profesores de ciencias y con 11 estudiantes para profesores de ciencias. Los tipos de respuestas conducen a identificar sus puntos de vista con tendencias muy cercanas al hipotético-inductivismo, al deductivismo y al contextualismo, así como también hacia el relativismo. Sin embargo también fue posible encontrar lo que algunos autores denominan posiciones eclécticas en las que realmente no se encuentra de manera definitiva una marcada tendencia hacia una de estas posturas. De todas maneras, los puntos de vista que más se han podido identificar tienen que ver con los profesores que mantienen una posición de naturaleza inductivista respecto a la metodología científica, suponiendo el método científico como la principal herramienta para la producción del conocimiento científico, pero que en ocasiones tienden, como muestran estos estudios, a manifestar puntos de vista racionalistas al momento de diferenciar entre lo que es ciencia y lo que no es ciencia que es un aspecto muy importante para destacar. Otro gran grupo es el que clasificaría a los profesores dentro de lo que denominan Kouladis y Ogborn (1985) como contextualismo metodológico asociándolo con una postura racionalista indecisa respecto al estatus del conocimiento científico, aunque se identifica la tendencia a adoptar una postura de carácter contextualista-relativista para explicar los cambios en dicho conocimiento; en definitiva, en esta investigación se encuentra que hay un predominio principal de enfoques absolutistas y positivistas y que definitivamente estos enfoques, son necesarios considerar al momento de desarrollar cualquier proceso de formación de profesores.

En el marco de las posturas de carácter inductivista hacia el conocimiento científico, se encuentran aspectos como los principios de neutralidad y autenticidad del conocimiento científico; así pues se supone que el conocimiento está en la realidad y que la ciencia es un reflejo directo de la misma realidad, es decir, se evidencia una clara tendencia de una postura realista ingenua. Se considera la existencia de un método científico único y

universal para acceder al conocimiento, sin posibilidad de que dicho método esté influenciado por la subjetividad, es decir, se asume una postura de naturaleza objetivista; el método científico parte de una observación en general neutral, después se pasa a una fase de elaboración de hipótesis con las cuales se pueden fundamentar experimentos y finalmente obtener conclusiones que pueden entenderse como enunciados de la teorías. Se trata de concepciones de carácter empiristas radicales o experimental-inductivistas tal y como lo sugieren Aguirre y Haggerty (1995).

De otra parte, se encuentra que al conocimiento científico se le concede un principio de veracidad, es decir, dado que los conocimientos son obtenidos empíricamente, éstos tienen características absolutas y universales. Sin embargo, en determinados sujetos es posible haber encontrado tendencias en las cuales hay posiciones un tanto más relativistas debido al conocimiento de la existencia de diferentes teorías científicas sobre un mismo fenómeno a lo largo de la historia. En estos casos se han identificado posiciones más tradicionales que consideran la posibilidad de hacer descartes en la medida que una de las teorías vaya tomando más fuerza y sobrepase las otras; de todos modos la tendencia fundamental es considerar el conocimiento científico como algo que apunta a encontrar la verdad escondida en la realidad.

De otro lado, estas posturas epistemológicas dan cuenta de un principio de superioridad del conocimiento científico, es decir, expresan la idea de lo que denominaría Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1997) un cierto “autoritarismo epistemológico”, al considerar el conocimiento científico como una forma superior de conocimiento que termina infravalorando otros conocimientos, especialmente los más cotidianos y subjetivos.

Las ideas docentes de sentido común y explicitadas desde una epistemología docente cotidiana que se desea analizar en esta investigación, nos pueden ayudar a identificar algunos factores relacionados con lo que han de saber y saber hacer los profesores de ciencias y que en el contexto de esta investigación los describimos en términos de ejes de la actividad profesional del

profesor de ciencias. Cuando nos referimos a estos ejes estamos, de alguna manera, presentando una taxonomía de la estructura fundamental de lo que es en sí misma la epistemología del profesor de ciencias.

La epistemología docente está conformada por tres ejes indelegables en la profesión del profesor y que se corresponden entre sí a la manera de un sistema complejo (Bertalanffy et al, 1984). El eje conceptual corresponde al conjunto de conocimientos que un profesor, en este caso un profesor de química, ha de *saber* en relación con la disciplina que enseña y otras disciplinas conexas desde las cuales se investiga empleando los paradigmas de la química (física, biología, matemática, etc.); también con conocimientos asociados para comprender la naturaleza de la química a partir de conocimientos sobre la naturaleza de las ciencias (filosofía e historia de las ciencias y particularmente, filosofía e historia de la química); finalmente en este eje ubicamos el otro gran bloque de conocimientos necesarios en un profesor y que ha sido olvidado en muchos modelos de formación de profesores, se trata de los conocimientos asociados con la didáctica de las ciencias experimentales.

Así pues, en el eje conceptual encontramos entonces: a) las estructuras teóricas de conocimientos que el profesor debe saber, de forma tal que se trata de conocimientos que como afirma Duschl (1997), corresponden a relaciones de conceptos, principios, leyes y axiomas propios de las teorías científicas y que tienen sentido en la medida en que el profesor, de manera simultánea y conexas, también reflexiona usando para ello, b) conocimientos propios sobre la estructura interna de las teorías científicas, es decir, activando sus saberes en torno a la filosofía de la ciencia y desde la cual, se integran componentes como la epistemología y la historia de la ciencia (Mc Comas 1998; Duschl, 1997). Estos conocimientos, imprescindibles para una práctica docente innovadora, están directamente relacionados con la reflexión sobre el origen, desarrollo y estructura del conocimiento científico y por tanto en forma general sobre la naturaleza de las ciencias, que Izquierdo (1996) denomina “la nueva historia y filosofía de la ciencia”.

En el eje conceptual necesario para la actividad profesional de un profesor de ciencias, se establece entonces el andamiaje teórico que permite al profesor la fundamentación necesaria para comprender los conceptos y los principios generales de los paradigmas de la química, elementos "visibles" de la ciencia que de suya es objeto de enseñanza, y también los conocimientos "implícitos" que dan cuenta al profesor de la manera cómo los conocimientos científicos se han producido, cómo se han transformado, cómo son validados por parte de las comunidades académicas especializadas, cómo se suelen aceptar y cómo rechazar; en general, se trata de la reflexión proveniente de los aportes de la filosofía, la epistemología y la historia de la ciencia. Se trata de un bloque de conocimientos, indispensable en la estructura conceptual de la actividad profesional del profesor de ciencias, que habitualmente se ha ignorado y que explica, en buena medida, las razones de una enseñanza de las ciencias centrada casi exclusivamente en la transmisión de teorías y conceptos, cuya esencia filosófica corresponde a posturas empiristas y positivistas de la ciencia, y sus soportes psicológicos al paradigma conductista y behaviorista.

La otra parte del eje conceptual corresponde al conocimiento del profesor de ciencias en relación con los saberes propios de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, saberes que dependen fundamentalmente de su conocimiento e implicación sobre los resultados que se han venido produciendo desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Al igual que sucede con el conocimiento químico, el cual a lo largo de su desarrollo ha requerido de interrelaciones con otros campos de conocimiento, la Didáctica de las Ciencias, además de su desarrollo intrínseco, ha venido ampliando sus relaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias (Resweber, 1981) con otros campos de conocimiento interesados en resolver problemas educativos y particularmente de la educación científica, tales como la psicología cognitiva, la sociología y la pedagogía.

El segundo gran eje de la actividad profesional del profesor de ciencias es el actitudinal, el cual nos da cuenta de las predisposiciones de un profesor hacia

la enseñanza de las ciencias. Nos da pautas para reconocer lo que debemos *ser y saber hacer* los profesores de ciencias. Desde este eje podemos a) comprender el conjunto de ideas y creencias que el profesor manifiesta y asume en relación con la investigación y la innovación en la enseñanza de las ciencias; de igual modo también nos ayuda a, b) identificar el sistema de valores y principios que el profesor de ciencias explicita cuando define grados de aceptación o rechazo hacia sus actividades propias como enseñante o hacia las actividades que otros colegas desarrollan en el acto educativo, así como también a valorar y desde allí, a aceptar o rechazar resultados de la investigación y la innovación en educación científica. Finalmente, el eje actitudinal se constituye en patrón para, c) comprender las decisiones que el profesor toma al diseñar, desarrollar y evaluar actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias las cuales nos permiten identificar y prever esquemas de acción que son en últimas los que nos ayudan a identificar en la práctica las concepciones que sobre la ciencia, la naturaleza de la ciencia y la enseñanza de la ciencia utiliza el profesor para adelantar su praxis educativa.

Los dos ejes citados anteriormente, el conceptual y el actitudinal, es decir, la estructura conceptual del conjunto de conocimientos que el profesor debe *saber* y las actitudes y esquemas de acción que se pueden derivar de dichos conocimientos que nos dan cuenta de lo que el profesor debe *ser y saber hacer*, corresponden a lo que denominamos en el presente trabajo “la epistemología docente”. Dicha epistemología puede caracterizarse como una epistemología docente habitual o contemporánea según sean los fundamentos conceptuales y los esquemas de acción empleados por el profesor de ciencias.

La epistemología docente bien sea habitual o transformada, o que se encuentre en camino de transformación, es la que sustenta en sí misma la práctica docente del profesor. Así pues, si encontramos rutas curriculares fructíferas que favorezcan cambios en la epistemología docente, es decir en las concepciones y en las actitudes del profesor de ciencias, probablemente nos sería más fácil coadyuvar a transformar las prácticas docentes de forma tal que contribuyan a mejores resultados en el aprendizaje de las ciencias, tanto en el

orden cognitivo y metacognitivo (niveles de aprendizaje y estilos de razonamiento), como en el social y cultural (alfabetización científica). Así pues, procuramos en la presente investigación, identificar una práctica docente del profesor (lo que el profesor debe *hacer*) sustentada en estructuras de una epistemología docente acorde con las expectativas de la educación científica contemporánea, guiada por los avances recientes en el campo de la Didáctica de las Ciencias.

2.3.3. Visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza

Trabajos como los desarrollados por Gil y Pessoa de Carvalho (2000), Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo (1989), Bermúdez et al (1994), Bell (1998), Briscoe (1991), Cachapuz (1994), Carrascosa, Furió y Gil (1985), Carter (1990), Cochran – Smith y Lytle (1990), Dana y Tippins (1998), De Jong, Korthagen y Wuffels (1998), Duschl (1997), Fraser y Tobin (1998), Gené y Gil (1987), Gil (1998), Gunstone y White (1998), Hewson y Hewson (1998), Hodson (1988), Jiménez y Sanmartí (1997), Lakin y Wellington (1994), Matthews (1994), McComas (1998-a; 1998-b), Mosquera (2000), Perales y Cañal (2000), Porlán (1989), Tobin (1999-b), Tobin y Espinet (1989), hacen mención a la importancia que tiene el reconocimiento de las ideas o las concepciones previas que los profesores de ciencias manifiestan en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias; concepciones que principalmente se han ido desarrollando por su carácter natural debido especialmente a la impregnación ambiental que los profesores han recibido y consolidado durante el tiempo que se han desempeñado como estudiantes y posteriormente a lo largo de la tarea docente cotidiana en su actividad laboral.

Las ideas previas de los docentes en relación con la enseñanza y el aprendizaje resultan ser, en consecuencia, absolutamente necesarias para reconocer la estructura de la epistemología docente del profesorado, que como hemos indicado, no solamente hacen referencia a los conocimientos y a las concepciones sobre el conocimiento científico que manifiestan los profesores,

sino también al conocimiento y a las concepciones que develan en relación con la enseñanza de las ciencias; concepciones que son justamente las que hay que poner en evidencia, explicitarlas permanentemente en un programa de formación de profesores como el que aquí se propone, para que sean los principales indicadores que den lugar a que los profesores comprendan hasta donde han cambiado sus actitudes y sus concepciones en relación con la actividad docente; actitudes y concepciones que debieran referirse necesariamente a replantear concepciones y posturas epistemológicas en relación con el conocimiento científico así como también con los conocimientos asociados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Como parte del inventario de ideas previas docentes elaboradas a través del desarrollo de diversas investigaciones dedicadas a la formación del profesorado, así como la explicitación de algunas de las concepciones contemporáneas en relación con aspectos conceptuales cruciales en educación científica, se hace necesario revisar dentro de la estructura de la epistemología docente habitual, el supuesto por parte de los profesores universitarios de ciencias en torno a que las principales necesidades formativas están centradas exclusivamente en conocimientos cada vez más rigurosos y mas profundos de la propia asignatura que se enseña, es decir, que la principal necesidad formativa del profesor debiera apuntar a tratar conocimientos disciplinares objetos de referencia en el acto educativo.

Poco se comprende la importancia de incorporar en este bagaje de conocimientos necesarios para una práctica profesional de mayor calidad, conocimientos en Didáctica de las Ciencias porque se supone que aprender o mejorar la práctica de la enseñanza de las ciencias físicas, las ciencias químicas o las ciencias biológicas, simplemente requiere de un conocimiento cada vez más riguroso de estas teorías ya que se supone que enseñando bien, es decir, transmitiendo adecuadamente los conocimientos de estas disciplinas, se logran excelentes resultados en el aprendizaje de los estudiantes. Se olvida de las diferencias sustanciales entre la epistemología propia de los conocimientos científicos en relación con la epistemología propia de los

conocimientos en educación científica, ya que si bien guardan estrecha relación entre ellos, no se pueden olvidar las diferencias debidas a los contextos, las finalidades y las características de las prácticas profesionales que implican la investigación científica propiamente dicha y la investigación específica dirigida al logro de aprendizajes de conocimientos científicos.

Bajo el supuesto de que los estudiantes universitarios son alumnos maduros que pueden dedicar mayores esfuerzos y reconociendo su propia autonomía y responsabilidad, el profesorado de ciencias en Educación Superior supone muchas veces sin un análisis riguroso, que no se requieren mayores esfuerzos de carácter metodológico y didáctico para lograr desarrollar e implementar mejores actividades en cuanto a la enseñanza de las ciencias; lo anterior porque simplemente si los alumnos cada vez son más concientes de su papel como futuros científicos y como futuros profesores de ciencias y atienden lo mejor posible a las sesiones de clase que imparten sus profesores, se alcanzarán los resultados esperados en el aprendizaje. En esta medida, la mayor parte de la responsabilidad del aprendizaje de los alumnos y de las alumnas recae fundamentalmente en el profesor, cuya tarea consiste precisamente en explicar lo mejor posible los contenidos propios de las disciplinas que enseña. Explicar bien, como lo menciona Campanario (2002), significa explicar correctamente según la lógica de la disciplina que ya está obviamente bien estructurada desde el punto de vista histórico.

Sin embargo esto resulta ser paradójico, pues trabajos precedentes como los realizados por Matthews (1990, 1994, 1998, 1998-b), demuestran cómo, en muchos casos se puede encontrar que la organización y la secuencia curricular de los contenidos científicos que se enseñan son incoherentes e incompatibles con los desarrollos históricos de estos contenidos científicos. En general se asumen secuencias de contenidos basadas en la simplicidad hasta alcanzar mayores niveles de complejidad, cuando efectivamente estudios históricos demuestran muchas veces que el desarrollo de conocimientos científicos no ha seguido una evolución lineal en búsqueda de mayores niveles de

profundización y complejidad, como se muestra en muchas secuencias de contenidos en los currículos de ciencias.

Así pues, desde una perspectiva histórica y epistemológica como fundamento para la organización de contenidos científicos desde un enfoque didáctico que supera la simple transmisión verbal de conocimientos, la enseñanza de las ciencias no debiera reducirse a abordar temáticas con finalidades propedéuticas que van desde lo más simple hasta lo más complejo para que una vez abordadas no vuelvan a ser tratadas, sino por el contrario, a proponer la resolución de problemas de interés que pueden ser retomados en la medida que los estudiantes avanzan en sus ciclos de formación e integran conocimientos que probablemente implican retomar otros que históricamente se habían dejado olvidados o no se les había prestado la atención suficiente.

No debe olvidarse que el desarrollo de muchas teorías o de diversos conceptos científicos, ha implicado el desarrollo de teorías o conceptos colaterales y que en general, un programa de investigación científico no siempre se desarrolla de manera “pura”, pues se requiere de los avances hechos en el mismo o en otros programas en procura de resolver problemas para lograr la comprensión y respuesta exitosa ante un reto explicativo planteado por la ciencia. De igual forma, dado el proceso mismo de construcción permanente que caracteriza la ciencia debido a la constante actividad científica, los resultados logrados siempre tienen el carácter de provisionales, pues éstos cambian en la medida que al requerirse la resolución de nuevos problemas, o al desarrollarse nuevos marcos teóricos, se reelaboran explicaciones, argumentaciones teóricas, modelos experimentales o innovaciones técnicas y tecnológicas. De aquí la importancia y uno de los valores más significativos de los aportes de las investigaciones en Historia de las Ciencias a la Didáctica de las Ciencias.

Desde esta perspectiva, según concepciones habituales de la epistemología docente, sólo se necesitaría conocer adecuadamente los contenidos de la asignatura que se enseña, sus niveles de complejidad y transmitir lo mejor posible dichos contenidos (que casi siempre se reducen a los puramente

conceptuales, dejando de lado los contenidos actitudinales y metodológicos que también hacen parte de las concepciones científicas). No se tienen en cuenta los desarrollos actuales de la epistemología de las ciencias y quizás mucho menos la estructura del desarrollo histórico de los conocimientos científicos. En consecuencia, no se hace necesario integrar los conocimientos científicos y sus perspectivas epistemológicas e históricas en el contexto del cuerpo conceptual propio de la didáctica de las ciencias, contexto desde el cual, a partir de investigaciones en el ámbito de la formación de profesores de ciencias, vienen demostrándose evidencias tanto teóricas como experimentales de la escasa efectividad que tiene la enseñanza de las ciencias centrada exclusivamente en la transmisión acrítica de contenidos conceptuales.

Teniendo en cuenta lo anterior, un programa eficaz de formación de profesores de ciencias debe determinar el conjunto de conocimientos, actitudes y habilidades prácticas que los profesores han de manifestar y explicitar para desarrollar cambios en cuanto a lo que venimos denominando como cambios didácticos; los cuales no son posibles de desarrollar sino se tiene en cuenta, como punto de partida, la epistemología docente y la práctica docente habitual que soporta tanto los conocimientos como las destrezas básicas asociadas.

Justamente el núcleo fuerte de la presente investigación, ha consistido en tratar de explicitar la epistemología docente actual de un grupo de profesores universitarios de ciencias encargados de la formación inicial de profesores de ciencias, con el propósito de comprender sus concepciones sobre la ciencia y sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, y sus actitudes hacia las ciencias y hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias para descifrar algunas claves que conduzcan a desarrollar estrategias que favorezcan, en un programa de formación de profesores de ciencias apoyado en los resultados contemporáneos de la investigación y la innovación en Didáctica de las ciencias, cambios didácticos susceptibles de evidenciar tanto en la epistemología de los docentes (cambios conceptuales y cambios actitudinales) como en la práctica docente (cambios metodológicos).

Para el presente trabajo, la práctica docente resulta ser la manera más explícita de corroborar la epistemología docente de forma tal que esta, a su vez, se constituye en la base fundamental a nivel conceptual y a nivel actitudinal que da pie para comprenderla. Así las cosas, estos dos grandes bloques que configuran la actividad profesional del docente (epistemología y práctica), y que por tanto permiten identificar las competencias profesionales de un profesor de ciencias, no se estudian como dos elementos separados sino por el contrario, se relacionan a la manera de un sistema complejo. A partir de la comprensión de las actividades que los profesores programan, organizan y ejecutan en el aula de clase, es posible identificar concepciones, ideas, creencias y juicios de valor que sobre la ciencia asume el profesor, así como también es posible identificar sus concepciones, creencias y valores acerca de la investigación científica, de las relaciones entre la investigación científica y la investigación en el aula de clase como medio para el aprendizaje de las ciencias, del papel de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, etc.

Por supuesto se comprende que un intento de transformación en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de ciencias, si bien puede ser alternativa de mejora en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias, también debe dejar las puertas abiertas para considerar otros posibles aspectos de carácter institucional e incluso, de políticas educativas que desempeñen un papel preponderante en este propósito. De hecho, consideramos aquí que una transformación significativa de cara a mejorar el aprendizaje de los estudiantes, es un asunto que involucra la esfera de lo político, lo económico, lo social y lo científico.

Hay que destacar que en Colombia los procesos de formación permanente de profesores se adelantan desde la formación inicial en carreras universitarias de pregrado, donde los futuros profesores de ciencias, es decir, los estudiantes para profesores de ciencias, atraviesan un recorrido curricular que dura aproximadamente seis años y que comprende una formación básica disciplinar coherentemente relacionada con una formación básica didáctica disciplinar, y una formación humanística complementaria. Todo ello, con la necesidad

simultánea y permanente de adelantar prácticas docentes en instituciones educativas del nivel básico y medio hasta terminar con la elaboración de trabajos monográficos que den cuenta de alguna reflexión interesante especialmente con trabajos asociados con intentos de innovación en la enseñanza, la evaluación, el currículo y el aprendizaje.

Desde esta perspectiva, resulta importante reconocer que si bien la puesta en práctica de resultados de la innovación y de la investigación en educación científica en procesos de formación de profesores de ciencias cada vez desempeña un mayor aporte, también es claro que por sí solo este esfuerzo no será el único que deba hacerse para superar y corregir un conjunto de falencias en los procesos educativos. Por supuesto que una formación de profesores que tenga en cuenta los desarrollos actuales logrados desde la filosofía, la historia, la epistemología, la pedagogía y la didáctica, constituyen un aspecto fundamental para el éxito en el desarrollo profesional del profesorado, para reconocer la importancia estratégica que tienen en su calidad de formadores de ciudadanos, muchos de ellos quizás futuros formadores.

En el ámbito de la formación universitaria del profesorado, este principio resulta ser relevante, pues en la medida que los profesores puedan relacionar soluciones y alternativas viables a problemas de la docencia universitaria, podrían desarrollar por sí mismos actitudes diferentes que generen otras capacidades para apropiarse de nuevos enfoques sobre la docencia, lo que finalmente contribuiría a empezar a implicarse necesariamente en procesos de renovación y cambio, ahora no solo en su propia formación, sino en la formación de otros profesionales.

Como afirman Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1997, 2000), el conocimiento profesional de los profesores influye poderosamente en la manera de interpretar y actuar en la enseñanza, de igual manera este conocimiento, epistemológicamente diferenciado de otras formas de conocimiento, es el resultado de la elaboración e integración de diferentes saberes que pueden concebirse como un sistema de ideas en evolución. Desde esa perspectiva,

justamente al considerar la estructura de la epistemología docente en la presente investigación, se considera la necesaria conceptualización y explicitación del conocimiento disciplinar que el profesor enseña, pero también de sus conocimientos e imaginarios acerca de la historia de las ciencias, de la filosofía de las ciencias y de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. El conjunto de ideas y creencias derivados de estos conocimientos, los cuales conforman el plano cognitivo de las actitudes, hacen parte de la estructura de la epistemología docente.

Así, desde la perspectiva de Porlán, Rivero y Martín del Pozo (2000), se recoge la propuesta fundamental dada por los autores antes citados, en el sentido que se trata de un conocimiento epistemológicamente diferenciado, pero también entendido como el resultado de la reelaboración y la integración de otros saberes. Finalmente afirman Porlán, Rivero y Martín del Pozo (2000), que el conocimiento profesional de los profesores aborda actitudes y valores encaminados a la transformación del contexto escolar y profesional.

Como lo citan Gil (1993), Furió (1994), Furió y Carnicer (2002), Mosquera (2001), Porlán (1993), Porlán y López (1993), puede encontrarse una equivalencia entre la manera como se orientan las concepciones de los alumnos desde una posición constructivista, con la manera de considerar las concepciones de los profesores como ejes orientadores de un proceso formativo en lo que tiene que ver con la apropiación de conocimientos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Así las cosas, la epistemología docente convencional, de no ser tratada explícitamente en un programa de formación en didáctica de las ciencias dirigido a profesores, puede fácilmente constituirse en un obstáculo para el cambio didáctico. De otra parte, la abundante investigación desarrollada hasta el momento, muestra que la epistemología docente habitual, se refuerza con el empleo de modelos de formación habituales, que fundamentalmente yuxtaponen la formación científica disciplinar con la formación pedagógica (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998; Mc Dermott, 1990).

2.3.4. Análisis crítico de modelos de formación del profesorado de ciencias

Los trabajos de Munby y Russell (1998) desarrollados en el *International Handbook of Science Education*, resaltan por una parte que las investigaciones en el campo de la formación de profesores han adquirido relevancia como dominio particular en la investigación en Educación Científica y por otra, que se está dando una relativa importancia al conocimiento práctico de la enseñanza. Al respecto, en el contexto de la formación de profesores, se sugiere en la actualidad que los modelos y los programas, resulten ser consistentes con los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias y que a su vez sean y resulten ser eficaces para el desarrollo profesional de los docentes. De esta manera se busca integrar en un continuo-coherente, las relaciones teoría-práctica en las que se concibe al profesor como un aprendiz novato tanto de las investigaciones como de las innovaciones en problemas referidos a la enseñanza de las ciencias, así como en la participación activa en modelos conceptuales y metodológicos propios de la enseñanza de las ciencias.

Trabajos citados por Porlán (1998) y por Gil, Carrascosa y Martínez - Terrades (1999-b) hacen referencia al interés reciente en los procesos de formación de profesores en lo que tiene que ver con el “aprendizaje significativo de enseñar ciencia”, que no es otra cosa que el ámbito propio específico de lo que hoy en día conocemos como Didáctica de las Ciencias Experimentales.

En el trabajo doctoral realizado por Carnicer (1998) y en Furió y Carnicer (2002), se muestra la importancia del desarrollo de un programa de formación de profesores basado en equipos cooperativos tutoriados, que a su vez facilitan en los profesores la reestructuración de sus esquemas de acción y de sus creencias, conocimientos y actitudes subyacentes que los guían tal y como proponen Borko y Putnam (1996) citados por Furió y Carnicer (2002).

Como se prevé para el presente trabajo y en el contexto de una orientación constructivista en educación científica, se considera el desarrollo profesional

del profesor como el resultado de cambios o recontextualizaciones a nivel de la epistemología docente, desde donde subyace el desarrollo práctico de las actividades que el profesor realiza cotidianamente en el aula de clase. Estos cambios a nivel de la epistemología docente tienen que ver, no solamente con los conocimientos del profesor en relación con la enseñanza de las ciencias, los cuales derivan de las estructuras teóricas que se definen en la actualidad desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias, sino también con los conocimientos que el profesor ha adquirido en campos particulares de la ciencia, de la actividad científica (epistemología de la ciencia) y de la historia de la ciencia.

Otro componente de la epistemología docente tiene que ver con lo que Simpson et al (1994) desarrollan como el conjunto de actitudes necesarias para comprender y relacionar las concepciones del profesorado. Por actitudes comprendemos aquí las predisposiciones de una persona hacia algo o hacia alguien (Furió y Vilches, 1997) las cuales se manifiestan por lo menos a partir de tres componentes: a) la cognitiva, en lo que tiene que ver con el conjunto de ideas y creencias de una persona (para el caso particular del profesorado, esta componente actitudinal se manifiesta por las ideas y creencias del profesor hacia el conocimiento que enseña, hacia la enseñanza, el aprendizaje, el currículo, la evaluación, etc., las cuales dependen de sus conocimientos sobre la ciencia, su epistemología y su historia así como sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia); b) la valorativa en lo relativo a los grados de aceptación o de rechazo de una persona hacia algo o hacia alguien (para el caso del profesorado, podría ser el grado de aceptación o de rechazo hacia una cierta metodología de enseñanza, hacia un contenido científico en particular, etc.) y, c) la conativa en lo que tiene que ver con las tomas de decisiones de una persona (para el caso del profesorado, las decisiones que lo conducen llevar a la práctica una determinada metodología, una forma particular de evaluación de las enseñanzas y de los aprendizajes, etc.).

En síntesis, es el conjunto de concepciones sobre la ciencia y sobre la actividad científica así como de las concepciones sobre la enseñanza y el

aprendizaje de las ciencias, que junto con las actitudes que el profesor manifiesta, explicitan la epistemología docente. El desarrollo profesional docente entonces se considera para el presente trabajo y basado en trabajos precedentes como los desarrollados por Furió y Carnicer (2002), como el reconocimiento de las estructuras propias de la epistemología docente y de sus implicaciones directas en la práctica docente, lo cual constituye el referente fundamental no solo para comprender la epistemología y la práctica docente habitual sino para referenciar e identificar posibles caminos que conduzcan a cambios de epistemologías y de prácticas, más próximos a las esperadas por la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias. Así pues los procesos llevados a cabo para facilitar transformaciones o recontextualizaciones desde epistemologías y prácticas habituales hacia epistemologías y prácticas innovadoras, constituyen el desarrollo profesional del profesorado de ciencias.

El desarrollo profesional antes definido, se logra por la vía del cambio didáctico el cual se entiende como cambio en concepciones, en actitudes y en esquemas de acción del profesorado, modificaciones que van desde las manifestaciones que puedan encontrarse habituales en relación con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias hacia otras maneras de interpretar, de desarrollar y finalmente de explicitar lo que ha de ser el proceso propio de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En otras palabras, acorde con el paradigma del aprendizaje internalista, éste se manifiesta cuando un individuo conscientemente transforma sus puntos de vista por otros que considera más fructíferos para la solución de problemas de su contexto. Un cambio didáctico, aprendido internalistamente, implica cambios en la forma de pensar, de sentir y de actuar en un profesor, a través de los cuales puede solucionar problemas y aportar mejores alternativas para el logro de aprendizajes significativos en los estudiantes.

Para ello hay que recordar que la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias ha puesto de relieve la existencia de una epistemología personal docente, construida a través de la impregnación ambiental que el profesor ha

apropiado a lo largo de su vida como estudiante y que después como profesor mediatiza a través de actitudes y de comportamientos explícitos en el trabajo de aula de clase; esta epistemología personal docente, en muchos casos puede constituirse como un obstáculo a cambios didácticos esperados pero también puede considerarse como una oportunidad de desarrollo que puede justificar y de alguna manera fundamentar nuevas construcciones didácticas tal y como lo expresan Tobin y Espinet (1989) y Carretero y Limón (1996). Podría afirmarse, que programas de formación de profesores apoyados en la simple información de nuevos conocimientos científicos, pedagógicos o didácticos y en la ilustración de nuevas metodologías, no favorece cambios didácticos, pues esta alternativa se cimienta en el paradigma externalista del aprendizaje, el cual supone que éste se evidencia por cambios en las conductas de las personas debidos a estímulos o a información externa, y que como lo han hecho notar varias investigaciones, en el sentido estricto de la palabra, no genera aprendizajes sino más bien acumulación de información que no favorece las transformaciones necesarias en una persona, tanto para superar sus creencias previas, como para solucionar de manera idónea problemas de interés y de su contexto (Murillo, 2003; Zabalza, 2003)

De hecho los cambios didácticos manifestados en cambios tanto en la epistemología personal docente como en la práctica docente, efectivamente no son fáciles de lograr. Ya en trabajos precedentes como los desarrollados por Furió y Carnicer (2002) se indican las dificultades de esos cambios. Por ello, diversas investigaciones en el ámbito de la formación de profesores de ciencias, Carrascosa et al (1985), Hewson y Hewson (1987), Lederman y Zeidler (1987), Furió y Gil (1989), Feiman – Nemser (1990), Briscoe (1991), Burbules y Linn (1991), Bell y Pearson (1992), Calatayud et al (1992), Anderson y Mitchener (1994), Bermúdez et al (1994), Marcelo (1994), Appleton y Asoko (1996), Duschl (1997), Porlán et al (1997), De Souza y Elia (1998), Désautels y Larochelle (1998), Gil y Pessoa de Carvalho (1998), Gunstone y White (1998), White (1998), Furió y Gil (1999), Tobin (1999), Tobin (1999-b), Campanario (2002), Carnicer y Furió (2002), han propuesto estrategias que faciliten cambios conceptuales (cambios en conocimientos, es decir en el

saber) respecto a los modelos de enseñanza habituales que practican los profesores. Sin embargo, también se precisa que solo los cambios conceptuales en el marco de los cambios didácticos no son suficientes: se requiere además el desarrollo de cambios metodológicos y de cambios actitudinales. Los cambios metodológicos para favorecer nuevas aproximaciones hacia la metodología de producción de los saberes (cambios en la manera como nos enfrentamos a problemas y a la manera de solucionarlos, es decir cambios en cuanto al hacer) y los cambios actitudinales para aproximarnos a nuevas predisposiciones hacia el conocimiento científico, hacia la actividad científica y hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (es decir, cambios en el ser y en el saber hacer).

De esta manera consideramos que los procesos de formación de profesores debieran organizarse sobre la base de las orientaciones de modelos didácticos asociados con la enseñanza de las ciencias por investigación dirigida. De manera equivalente al tratamiento para la enseñanza de conocimientos científicos desde una perspectiva constructivista, desde donde se considera la necesidad de cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal, para los efectos en los procesos de formación de profesores desde la perspectiva constructivista del cambio didáctico, se esperan cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales hacia la enseñanza de las ciencias. Cambios conceptuales en lo que tiene que ver con las reorientaciones que el profesor asume en relación con nuevos conocimientos sobre la ciencia y sobre la actividad científica así como con relación a nuevos conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias; cambios actitudinales en lo relativo a nuevas y mejores predisposiciones del profesorado hacia la enseñanza de las ciencias, y cambios metodológicos propiamente dichos, en lo que tiene que ver con nuevas orientaciones del profesor en el aula de clase, es decir, cambios alternativos en lo que respecta al hacer del profesor en el trabajo habitual del aula de clase.

Estas reestructuraciones en las concepciones del profesorado y en sus actitudes y prácticas docentes, han de producirse de modo consciente para que

efectivamente sean significativas e impacten en la naturaleza del trabajo docente. Ello implica que la formación inicial y permanente del profesorado no puede reducirse a programas donde simplemente se transmiten nuevas ideas o nuevas alternativas de trabajo en el aula en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo o la evaluación, ya que seguramente no estaríamos favoreciendo propiamente reestructuraciones conceptuales, metodológicas y actitudinales propias de un cambio didáctico radical, tanto en la epistemología como en la práctica docente. Por el contrario, estaríamos abocados a tratar con el profesorado algunos conocimientos descontextualizados en relación con nuevas ideas sobre la enseñanza o con nuevas metodologías que no favorecerían realmente compromisos serios por parte de profesorado para afrontar la enseñanza de las ciencias desde orientaciones definitivamente diferentes a las que habitualmente realizan, y que muy seguramente no resultan ser consecuentes y fundamentadas con los resultados propios de la investigación contemporánea en formación de profesores en el ámbito de la educación científica.

Cambios conscientes en el pensamiento y en las prácticas del profesorado harán explícitas, efectivamente, las relaciones entre lo que piensa y hace el profesor con lo que está mostrando la investigación didáctica; Carnicer (1998) indica cómo los cambios didácticos tienen que ser percibidos como un triple desarrollo, esto es, en lo profesional, en lo social y en lo personal si el profesor persigue mejorar sus enseñanzas y conseguir así mejores resultados en el aprendizaje de sus estudiantes.

En consecuencia, para efectos del presente trabajo y fundamentado en tesis precedentes desarrolladas por Furió (2001), se considera al profesor como sujeto en formación actitudinal, que no sólo tiene creencias sobre la ciencia y la educación científica sino también actitudes –muchas veces negativas- hacia la investigación y la innovación didáctica, las cuales siempre son susceptibles de ser cambiadas en programas de formación del profesorado. Así pues, programas de formación continuada de profesores de ciencias, coherentes con los resultados de la investigación contemporánea en didáctica de las ciencias,

han de procurar desarrollar efectivamente no solo cambios conceptuales en lo que tiene que ver con nuevos conocimientos asociados con las epistemologías contemporáneas sobre el conocimiento científico y con nuevos contenidos y nuevos conocimientos propios de la didáctica de las ciencias, sino que también deben promover cambios actitudinales y metodológicos en el profesorado hacia la Didáctica de las Ciencias. Las actitudes docentes, es decir, las ideas y las creencias, los grados de aceptación y de rechazo y la toma de decisiones en relación con la actividad docente (enseñanza, aprendizaje, currículo, evaluación, etc.) relacionan a manera de puente, las concepciones (conocimientos) con las metodologías (esquemas de acción).

De hecho el nivel conceptual en las concepciones de los profesores da sentido al nivel práctico en la actuación del docente dependiendo del tipo de actitudes que el profesor asuma y explicita en su trabajo docente, esto es, las concepciones del profesor guían sus ideas, sus creencias, sus grados de aceptación o de rechazo y sus decisiones, y todo ello se refleja en las acciones que en la práctica adelanta el profesor en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. A partir de esta tesis, se puede plantear a título de hipótesis, que la incoherencia entre lo que sabe el profesor (nivel conceptual – conocimientos y concepciones) con lo que hace en la práctica (nivel operativo – esquemas de acción) se debe al deficiente desarrollo de un tercer valor agregado en la actividad profesional del docente: las actitudes del profesor (nivel cognitivo – ideas, creencias, valores y orientaciones para las decisiones). Por lo anterior, es impensable suponer programas de formación del profesorado para propiciar cambios didácticos que involucren componentes conceptuales, actitudinales y metodológicas de manera simultánea, relacionada y coherente.

La finalidad primordial de la formación de profesores de ciencias en el contexto contemporáneo de la educación científica, es la de promover e incentivar en el profesor la vocación de un docente innovador y si es posible, orientarle para que su práctica cotidiana esté inmersa en el contexto de la investigación didáctica; tarea que efectivamente constituye un reto esencial para la Didáctica de las Ciencias y en particular, para la línea de investigación en formación de

profesores de ciencias. Kyle et al (1991), citados por Furió y Carnicer (2002), fundamentan su tesis acerca de cómo una nueva imagen de los roles de los profesores está emergiendo, ya que además de requerirse poseer un conocimiento específico de la disciplina y un conocimiento sobre didáctica específica, los profesores han de disponer de tiempo para debatir ideas con sus colegas, participar en el desarrollo profesional e investigar sobre la enseñanza y el aprendizaje. Por lo tanto, se podría afirmar que para el caso del profesorado de ciencias y sus problemas actuales en cuanto a formación específica, se requiere necesariamente encontrar alternativas sobre cómo a través de un desarrollo consciente de nuevas necesidades didácticas, pueda ser posible no solamente que los profesores apropien nuevas concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje, manifiesten nuevas predisposiciones y desarrollen nuevos esquemas de acción en el trabajo de aula de clase, sino que también puedan sentir necesaria su vinculación a comunidades especializadas de investigadores en educación científica; ello quiere decir que han de asumir, comprender y constituir su trabajo cotidiano como problemas de enseñanza que pueden ser resueltos a través de investigaciones rigurosas y sistemáticas apoyadas en las orientaciones conceptuales contemporáneas en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias.

A partir de la epistemología personal inicial del profesor, la cual debe hacerse explícita para que no se constituya en un obstáculo para el cambio didáctico, sino que por el contrario, sea un agente dinamizador de éste, el docente ha de elaborar de manera significativa nuevos conocimientos didácticos desarrollados mediante la investigación en este campo. Ello implica necesariamente que los profesores puedan reconstruir estos conocimientos, así pues, modelos de formación del profesorado coherentes con estos planteamientos constructivistas pueden ser apoyados tanto en formación inicial como en formación permanente, a partir de la metáfora de los profesores investigadores noveles que trabajan en equipo replicando investigaciones didácticas dirigidas en una fase inicial por un profesor experto que se puede constituir como tutor, asesor o coordinador de aquellas investigaciones. Experiencias de esta

naturaleza han sido referenciadas por Furió (1994) y por Furió y Gil (1999) según Furió y Carnicer (2002).

En una primera fase de regulación del grupo se requerirá por un cierto tiempo, el desarrollo explícito de la búsqueda de cambios actitudinales, que favorezcan el paso al profesor de entenderse simplemente como un consumidor de nuevas ideas sobre la enseñanza de las ciencias hacia un productor de resultados propios de investigaciones didácticas de las ciencias que a su vez aportan al crecimiento conceptual de este ámbito de conocimientos. Se espera en consecuencia que este tipo de trabajo se desarrolle a través de equipos cooperativos de investigación que autorregulan su funcionamiento al igual que sucede con cualquier grupo de formación de investigadores en campos específicos de otros dominios científicos.

Tal y como cita la literatura contemporánea en el ámbito de formación de profesores, los cambios didácticos que en un momento dado puedan manifestarse en los profesores de ciencias podrían depender fundamentalmente de la reestructuración propia, deliberada y consciente en su epistemología docente y para ello se hace necesaria la identificación de las estructuras conceptuales base de sus epistemologías docentes iniciales, de las características concretas del programa que se piensa llevar a la práctica y fundamentalmente, de las nuevas orientaciones que puedan desarrollarse a nivel de esta epistemología docente, orientaciones que como se ha insistido en varios apartes en esta investigación, resultan ser la base fundamental para comprender nuevas maneras de desarrollar y de interpretar la práctica docente que el profesor realiza cotidianamente con sus estudiantes.

Apoyados en el modelo de enseñanza por investigación orientada sugerida por Gil (1993), el cual supone el aprendizaje de las ciencias entendido no solamente como el aprendizaje de conceptos sino también, como la formación de actitudes positivas hacia la ciencia y la actividad científica, lo que implica cambios en las prácticas con que se elaboran conocimientos científicos, es

posible establecer paralelismos con el aprendizaje necesario por parte de los profesores de ciencias para favorecer en ellos cambios didácticos.

Nuevas estrategias de formación de profesores apoyadas en este modelo han de facilitar necesariamente el aprendizaje de la enseñanza de las ciencias por parte de profesores, entendido éste como cambios conceptuales, epistemológicos, metodológicos y actitudinales del profesorado hacia la enseñanza de las ciencias. Para llevar a cabo estas nuevas estrategias tal y como lo plantean Furió y Carnicer (2002), se hace necesario el acompañamiento de un tutor experto que se constituye como un orientador guía de profesores investigadores noveles en ámbitos propios de la enseñanza de la ciencia. Las características de estos nuevos modelos de formación obviamente tendrán que ser coherentes con las orientaciones constructivistas y necesariamente tendrán en cuenta para ello las ideas, los intereses, las visiones del mundo, las destrezas, las actitudes, las experiencias previas y las necesidades formativas de los profesores que participan en las mismas, es decir, deben iniciar por el reconocimiento explícito de las ideas espontáneas docentes que los profesores puedan manifestar, así como tienen que orientarse para la reconstrucción de conocimientos didácticos y en particular, para mostrar la existencia de alternativas didácticas eficaces a modelos de enseñanza habituales tales como el de la transmisión de conocimientos ya elaborados o el del aprendizaje de conocimientos por descubrimiento inductivo y autónomo.

Por otra parte, estos nuevos modelos de formación docente deberán favorecer la reflexión colectiva de los profesores en pequeños grupos sobre los problemas y dificultades que se presentan en el aprendizaje habitual; estas referencias podrán mostrar al profesorado cómo evidentemente estas nuevas orientaciones pueden resultar más eficaces para efectos de resolver problemas que habitualmente enfrentan en el aula de clase. En este sentido, las nuevas concepciones, ideas, creencias y prácticas docentes no se verán reducidas simplemente al plano de la apropiación a la manera de un transvase de innovaciones que muy probablemente poco después serán olvidadas. Un

programa de formación de profesores basado en la reflexión constante sobre los problemas que evidentemente a diario enfrenta el profesorado, permitirá el tratamiento de situaciones problemáticas didácticas que podrán poner en cuestión el pensamiento docente espontáneo sobre las ciencias, sobre la actividad científica, sobre la enseñanza de las ciencias y ante todo, sobre las rutinas que habitualmente el profesor desarrolla en la práctica docente cotidiana.

De la misma manera, programas de esta naturaleza han de favorecer la obtención de información relevante y muchas veces pasada por alto sobre la enseñanza convencional, de manera que puedan facilitar otras posibilidades innovadoras en didáctica de las ciencias; será necesario para ello realizar estudios críticos de modelos alternativos de enseñanza, pero necesariamente se requerirá que los nuevos modelos asumidos permitan a los profesores, trabajando con investigadores expertos, vivenciar la posibilidad de implementarlos para alcanzar nuevas evidencias en el aula de clase, todo ello para que la valoración realizada por el propio profesor sea la que conduzca la discusión sobre la eficacia y sobre las diferencias esenciales que pueden surgir entre modelos que podríamos denominar contemporáneos sobre la enseñanza de las ciencias respecto a los modelos habitualmente considerados como tradicionales.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente que los programas de formación de profesores tengan en cuenta las propias vivencias de clase y los problemas cotidianos que los profesores enfrentan, así pues, se trata no de programas de formación de profesores planeados a priori rigurosamente, pues serían de alguna manera “artificiales” en relación con la práctica docente del profesor y con las realidades que a diario vivencia en su práctica docente.

La preponderancia a la integración teoría didáctica – práctica docente ha de permitir la formación de actitudes positivas del profesorado de ciencias hacia la innovación y la investigación didáctica, ya que favorece un interés más explícito por parte del profesor hacia la actividad docente entendida como una práctica

profesional fundamentada en conocimientos y prácticas coherentes con teorías y metodologías especializadas en el estudio de la educación ciudadana y los problemas asociados con la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y el currículo, entre otros. La investigación reciente en el ámbito de la formación del profesorado de ciencias, viene dando evidencia de resultados prometedores que podrían sentar bases para la obtención de mejores resultados en tanto que la eficacia de programas de formación docente apoyados en modelos de enseñanza por investigación orientada y que favorecen el desarrollo de competencias docentes al integrar coherentemente cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal del profesorado hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, es decir, cambios didácticos que favorecen transiciones desde concepciones epistemológicas y prácticas docentes habituales, promueven el desarrollo de epistemologías y prácticas docentes coherentes con los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias.

Finalmente habría que decir, que modelos de formación de esta naturaleza podrían favorecer esquemas de actuación dinámicos que favorecen a mediano plazo, la inserción de los profesores en tareas propias de la innovación desde la Didáctica de las Ciencias, es decir, que estos profesores pueden terminar por abandonar una práctica que los reduce únicamente a ser consumidores acríticos de resultados de la investigación en educación científica para pasar más bien a ser parte activa y agentes protagónicos dentro de la comunidad de profesores que investigan en este nuevo ámbito del conocimiento educativo.

2.3.5. Características de modelos eficaces que favorezcan el desarrollo profesional docente

En esta investigación se ha considerado relevante destacar el paralelismo entre las posturas contemporáneas de la investigación y la innovación en Didáctica de las Ciencias, en torno al aprendizaje de las ciencias entendido como un conjunto de cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal, en relación con lo que para el caso del aprendizaje de experiencias innovadoras y de nuevas prácticas de enseñanza por parte los profesores podríamos denominar

un cambio didáctico. En este sentido se ha considerado la estructuración de un programa de formación permanente de docentes que se acerque al propósito de la investigación en formación de profesores en el contexto de la enseñanza por investigación orientada.

Esta propuesta supone trabajar con los profesores desde su auto-reflexión crítica en la perspectiva de identificar, de manera conciente, sus concepciones, actitudes y prácticas habituales, hasta favorecer su inmersión en los resultados de la investigación y la innovación didáctica, evitando ante todo pensar en un programa de formación que solo transmite nuevos conocimientos didácticos a los docentes. Por el contrario, se trata de desarrollar con ellos una problemática relevante, encontrando colectivamente alternativas de solución a través de una investigación didáctica orientada que les permita, no solo irse aproximando a lo que desde la Educación Científica podría ser el diseño de actividades, sino también, para que al mismo tiempo vayan apropiando la importancia que tiene la investigación en Educación Científica actual, los logros encontrados, el desarrollo de las líneas de investigación más relevantes en los actuales momentos y ante todo, la confirmación del desarrollo de un conjunto de actitudes diferentes hacia la enseñanza en la medida de considerarla no simplemente como una actividad rutinaria y acrítica, sino por el contrario, como una actividad interesante que arroja importantes retos para el profesorado y que en la práctica, podría hacerlos sentir agentes protagónicos importantes en el acto de enseñanza y aprendizaje, desplazándolos de la imagen habitual que los refiere únicamente a personas que se encargan de transmitir de la mejor manera posible una serie de conocimientos sin asumir la corresponsabilidad en cuanto al aprendizaje de sus estudiantes.

Desde la perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias por investigación dirigida, el problema fundamental planteado en este proyecto es la propuesta por procurar desarrollar cambios en la epistemología y en la práctica de docentes universitarios de química, encargados de la formación inicial de profesores de química, teniendo en cuenta las condiciones de un programa eficaz de formación de profesores (Furió y Gil, 1999). En tal sentido,

las premisas básicas de la organización del programa de formación de profesores seguido en esta investigación son las siguientes:

- Está planificado en conexión con los problemas que plantea la práctica docente.
- Posibilita la construcción de un cuerpo conceptual alternativo en el profesorado que hace parte del proyecto.
- En esta medida, dicho cuerpo conceptual corresponde al de la Didáctica de las Ciencias y en particular al de un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias como investigación dirigida. Ello supone, así mismo hacer una reflexión didáctica y epistemológica alternativa que permita sustentar los principios básicos del modelo de enseñanza y aprendizaje como investigación dirigida, coherente con los nuevos aportes de la historia y la filosofía de las ciencias, en la actualidad considerados relevantes para el cabal desarrollo de un modelo como el que aquí se ha precisado desarrollar.
- Por otro lado dicho programa eficaz de formación de profesores, ha de favorecer la reflexión didáctica explícita que cuestiona el carácter natural de la enseñanza que siempre se ha hecho; aquí se presenta la ocasión para poner en cuestión las concepciones, los comportamientos y las acciones docentes espontáneas que muchas veces actúan como obstáculos en la transformación de la enseñanza de las ciencias.
- Procura desarrollar los contenidos del programa en forma de situaciones didácticas problemáticas abiertas, las cuales se debaten colectivamente en pequeños grupos en un clima de colaboración y cooperación constructivos.
- Favorece vivencias de propuestas fundamentadas en la innovación didáctica, que muestran nuevas posibilidades de transformación de la docencia habitual y que son posibles para generar aprendizaje significativo en los estudiantes.
- Favorece cambios positivos en las actitudes y en las prácticas docentes de los profesores, más próximas a las esperadas desde la investigación contemporánea en la Didáctica de las Ciencias de naturaleza constructivista.

- Está diseñado para incorporar al profesorado en tareas de innovación e investigación en torno a los problemas didácticos planteados.

Trabajos como los adelantados por Gil, Furió y Gavidia (1998), han destacado explícitamente algunas de las causas de la poca efectividad de los programas seguidos en la formación inicial o continuada de profesores de ciencias. De igual manera, en un trabajo reciente (Campanario, 2002) se muestra cómo a partir de las problemáticas planteadas en la formación permanente de los profesores universitarios de ciencias, se constituye como requisito necesario para los profesores que deseen acceder a la formación docente, a nivel universitario, atravesar un proceso de formación pedagógica no necesariamente centrado en la simple transmisión de nuevas ideas en torno a los problemas de la enseñanza. En esa medida, Campanario cita algunas razones que avalan dicha de necesidad:

1. Los programas de formación voluntarios no se ajustan a ninguna regulación general que determine y organice los objetivos y los contenidos. Así pues se constituye esto en una situación atípica similar a la de alguien que se siente enfermo y acude a una instancia que se auto proclama capacitada para curar y allí recibe una medicina que depende no tanto de su patología como del médico que lo atiende.
2. Los profesores que asisten a las actividades de formación están altamente motivados por la calidad de su enseñanza (Cruz, 2000). Estos profesores estarían más interesados y en consecuencia manifestarían unas predisposiciones más positivas en el sentido de querer mejorar algo que en principio entienden no se hace necesariamente del todo mal.
3. Finalmente, Campanario (2002) supone evitar la tentación de crear una formación didáctica limitada a cursos generales sobre educación, desconectados de contenidos concretos y de la propia didáctica de las ciencias, referencia también ya citada en trabajos precedentes de Calatayud y Gil (1993).

Haciendo una síntesis de trabajos relevantes sobre la formación de profesores en el ámbito de la Educación Científica, se pueden concluir algunas condiciones o necesidades formativas como las sugeridas por Gil (1992), las cuales reúnen un conjunto de estrategias significativas en cuanto a la formación de profesores desde la perspectiva de un programa eficaz de formación (Gil y Pessoa de Carvalho, 1998; Furió y Gil, 1999; Gil y Pessoa de Carvalho, 2000). Dicha síntesis indica que programas de formación de profesores de esta naturaleza han de tener las siguientes características:

1. Estar planificados en conexión con los problemas que plantea la práctica docente, es decir, dirigidos a comprender que los profesores de ciencias debemos, como diría Bachelard (1938), comprender que a veces no comprendemos. En general, podemos pensar que los profesores de ciencias nos enfrentamos ante situaciones que no podemos resolver con facilidad o que persisten negativamente a pesar de esfuerzos intencionados que podamos realizar para superarlos. Así pues, se hace necesario que en un programa de formación de profesores, las inquietudes del profesorado sean debidamente tenidas en cuenta, clasificadas y explicitadas, de manera que pueda diseñarse un plan coherente para su tratamiento, usando como referentes las posibilidades teóricas que brinda la Didáctica de las Ciencias.
2. Es necesario que estos programas concedan especial énfasis al conocimiento y cuestionamiento del pensamiento, las actitudes y los comportamientos docentes espontáneos para favorecer la reflexión didáctica, que permita entre otras cosas cuestionar el carácter natural de lo que siempre se ha hecho. En este sentido se hace importante, a la luz de los aportes de la psicología cognitiva y especialmente de los estudios sobre las concepciones alternativas, comprender las intencionalidades de cambio en el aprendizaje de los estudiantes; de igual forma se hace necesario conocer las condiciones tanto actitudinales, como conceptuales y metodológicas que los profesores manifestamos en torno a la enseñanza con el fin de identificarlas, caracterizarlas y debatirlas

fundamentadamente desde el carácter natural de lo que siempre se ha hecho, y para empezar a pensar seriamente en la necesidad de un cambio que arroje nuevas posibilidades de tipo metodológico, conceptual y actitudinal en torno a la enseñanza.

3. Se procura que estos cambios se encuentren referenciados teóricamente en un cuerpo de conocimientos, los de la Didáctica de las Ciencias. No se trata de enseñar nuevas rutinas o nuevas estrategias metodológicas sino por el contrario, entendiendo que la actividad de un profesor de ciencias es una actividad profesional, se hace necesario que los profesores puedan mejorar sus enseñanzas y sus expectativas de desarrollo profesional, apropiándose de los elementos conceptuales desarrollados en la actualidad desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales.
4. Desarrollar los contenidos del programa en forma de tratamientos de problemas didácticos que se debaten colectivamente en pequeños grupos en un clima de cooperación y colaboración constructivas; se trata de una estrategia metodológica básica de un programa de formación de profesores, centrada en el modelo didáctico de enseñanza por investigación orientada, en la cual debe tenerse en cuenta el papel de los profesores, quienes se consideran en este caso como investigadores noveles de la Didáctica de las Ciencias; por su parte el Director o los Directores del programa de formación han de desempeñarse como líderes de equipos de investigación didáctica. En trabajos precedentes citados por Furió (1994) y por Carnicer (1998), se muestra la importancia del trabajo de los profesores universitarios en equipos cooperativos que habrán de involucrarse en programas de investigación, y cuyo objetivo es abordar y tratar situaciones problemáticas propias de la Educación Científica y obviamente como se ha referido anteriormente, cuyos resultados se esperan, logren cambios en cuanto a aspectos conceptuales, metodológicos y actitudinales en relación con la enseñanza de las ciencias.

5. En conexión con los principios anteriormente mencionados, es necesario que se favorezcan vivencias de propuestas fundamentadas de innovación y que realmente muestren posibilidades de cambios en la práctica docente habitual, así como habrán de favorecer aprendizajes significativos logrados a partir de la construcción de conocimientos. Así pues se supone, que un cambio explícito a nivel de práctica docente, implica necesariamente un cambio implícito y subyacente a nivel de la epistemología docente. Se trata que las posibilidades reales de innovación estén centradas en conocimientos en nuevas maneras de abordar los conocimientos científicos, nuevas maneras de comprender el problema de la enseñanza de las ciencias, lo que significa necesariamente trabajar en la revisión de estructuras conceptuales previas acerca de la enseñanza de las ciencias y del conocimiento científico, posiblemente abordadas y manejadas por los profesores más por impregnación ambiental que por un esfuerzo conceptual relevante, y que inciden en las acciones que emprenden a través de su práctica docente. Así pues, un factor clave en el desarrollo de un programa de formación de profesores de ciencias, ha de ser el reconocimiento por parte de ellos mismos, de investigaciones e innovaciones en Didáctica de las Ciencias que muestran las posibilidades reales de un cambio didáctico y las ventajas de un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes de conocimientos debidos a orientaciones radicalmente constructivistas.

6. Finalmente se intenta, con todo esto, favorecer la incorporación del profesorado a tareas de investigación e innovación en torno a problemas didácticos planteados. No se trata simplemente de cursos de capacitación o simplemente de actualización docente, sino por el contrario, de familiarizar y vincular a los profesores en el contexto disciplinar de la Didáctica de las Ciencias lo cual, a título de hipótesis, se puede lograr a través de su participación activa y protagónica en un

programa de investigación en educación científica como el mencionado anteriormente.

En definitiva, un proceso de formación eficaz de profesores de ciencias, debe propender por desarrollar no solo conocimientos científicos y didácticos sólidamente estructurados aunque susceptibles a modificaciones permanentes (el saber del profesor), sino también conocimientos prácticos que le permitan proyectar y en la medida de lo posible, desarrollar en auténticos trabajos de equipos docentes, adecuaciones curriculares, secuencias de contenidos, diseños de actividades que traten desde la iniciación de las mismas, pasando por su desarrollo y síntesis, hasta la programación, intervención y uso de la evaluación (el saber hacer del profesor), y actitudes docentes que favorezcan el desarrollo de ideas y creencias positivas, valoración positiva de la actividad docente y tomas de decisión sobre la enseñanza acordes con la investigación y la innovación contemporánea en Didáctica de las Ciencias que favorezcan predisposiciones positivas en relación con la actividad científica, con el currículo en ciencias, con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, con la evaluación en ciencias y en general, con el papel de la educación científica (saber ser del profesor).

Así las cosas, tal y como lo sugieren Furió y Carnicer (2002), “desde un marco constructivista, el desarrollo profesional del profesorado se puede concebir como una reestructuración de las creencias, las actitudes y los comportamientos del profesorado sobre la ciencia y la educación científica (cambio didáctico)”.

Es posible en consecuencia, comprender que el profesorado de ciencias tiene como común hacer parte de un grupo profesional especializado en educación científica y en consecuencia, es susceptible de comprenderse como colectivo de personas que aprenden permanentemente acerca de la enseñanza y ponen en práctica constantemente nuevas ideas, no solo sobre la enseñanza de las ciencias sino también sobre aplicaciones para el trabajo en el aula. A partir de estas consideraciones podemos referirnos usando la propuesta de Kuhn

(1962), a una matriz disciplinar para comprender la educación científica, matriz que se estructura sobre conocimientos relativos a la enseñanza de las ciencias logrados a partir de resultados propios de investigación e indagación en este ámbito del conocimiento y que como se ha destacado a lo largo de las últimas décadas de investigación en Didáctica de las Ciencias, se trata de conocimientos que no surgen de forma acrítica y neutral y por tanto, no se reducen a nuevas tendencias y modas para enseñar ciencias.

Independientemente de la formación profesional base del profesorado, mediante un trabajo sistemático y riguroso apoyado en los avances en formación de docentes de las ciencias, se podrían consolidar auténticos equipos de profesores que desarrollan su práctica docente a partir de trabajos de investigación o innovación en Didáctica de las Ciencias y para ello, es comprensible que esos trabajos deben asumirse a partir de posturas teóricas precisas tanto sobre el conocimiento científico y la naturaleza del conocimiento científico, como sobre el conocimiento en educación científica; así las cosas, las bases teóricas de estos conocimientos se constituyen en los ejes nodales para que el profesor incorpore nuevos trabajos y fundamentalmente nuevas posturas innovadoras en relación con los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias

2.4. Recapitulación

Esta investigación procura desarrollar un nicho conceptual adecuado para empezar a pensar seriamente cómo debería replantearse lo que tiene que ver con la formación inicial y con la formación permanente del profesorado de ciencias de cara a los retos contemporáneos de la Educación Científica y al papel que ésta desempeña en el desarrollo de sujetos que valoran integralmente el papel de las ciencias en el desarrollo de las culturas, así como su influencia en el desarrollo de las sociedades. En general, se trata de pensar cómo favorecer la formación de profesores que promuevan una Educación Científica que permita desarrollar, en términos de Bachelard (1938), un espíritu científico en quienes aprenden ciencias, caracterizado por la capacidad de

indagación, la capacidad para encontrar y seleccionar información relevante, la capacidad de formular y solucionar problemas significativos usando para ello conocimientos científicos, la capacidad de comunicar y contrastar resultados, así como la capacidad para reestructurar permanentemente conocimientos, ideas, creencias y metodologías que conduzcan a valorar los esfuerzos de la humanidad en cuanto al desarrollo de los conocimientos científicos, así como a analizar críticamente los impactos que se han derivado de este progreso constante.

Si nos proponemos empezar a indagar y a explorar cómo lograr en los estudiantes auténticos cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal (tendencias constructivistas radicales en términos de Furió (2001)), que propicien mejores aproximaciones frente al conocimiento científico, frente a posturas analíticas y críticas hacia el mundo natural y social, y particularmente frente a nuevas maneras para acceder al aprendizaje de las ciencias, implica que los profesores debemos empezar a replantear seriamente nuestros modelos habituales de enseñanza si queremos no solamente cumplir con las expectativas planteadas a la Educación Científica contemporánea, sino también porque no hacerlo constituiría probablemente un obstáculo importante que no permitiría desarrollar las expectativas de aprendizaje que se han planteado en los documentos nacionales en torno a lo que debe ser el aprendizaje de las Ciencias Naturales de nuestros jóvenes y fundamentalmente a lo que se espera que en ellos se forme. Esperamos ciudadanos y ciudadanas que comprenden cómo los conocimientos científicos -para bien o para mal- han incidido fuertemente en el desarrollo de la sociedad y en qué medida estos conocimientos pueden valorarse como una empresa humana que ha significado enormes esfuerzos y ante todo, la demostración de la potencialidad del intelecto humano para poder resolver problemas donde su resolución implica muchas veces transformaciones dramáticas en nuestras formas de pensar, de sentir y de actuar.

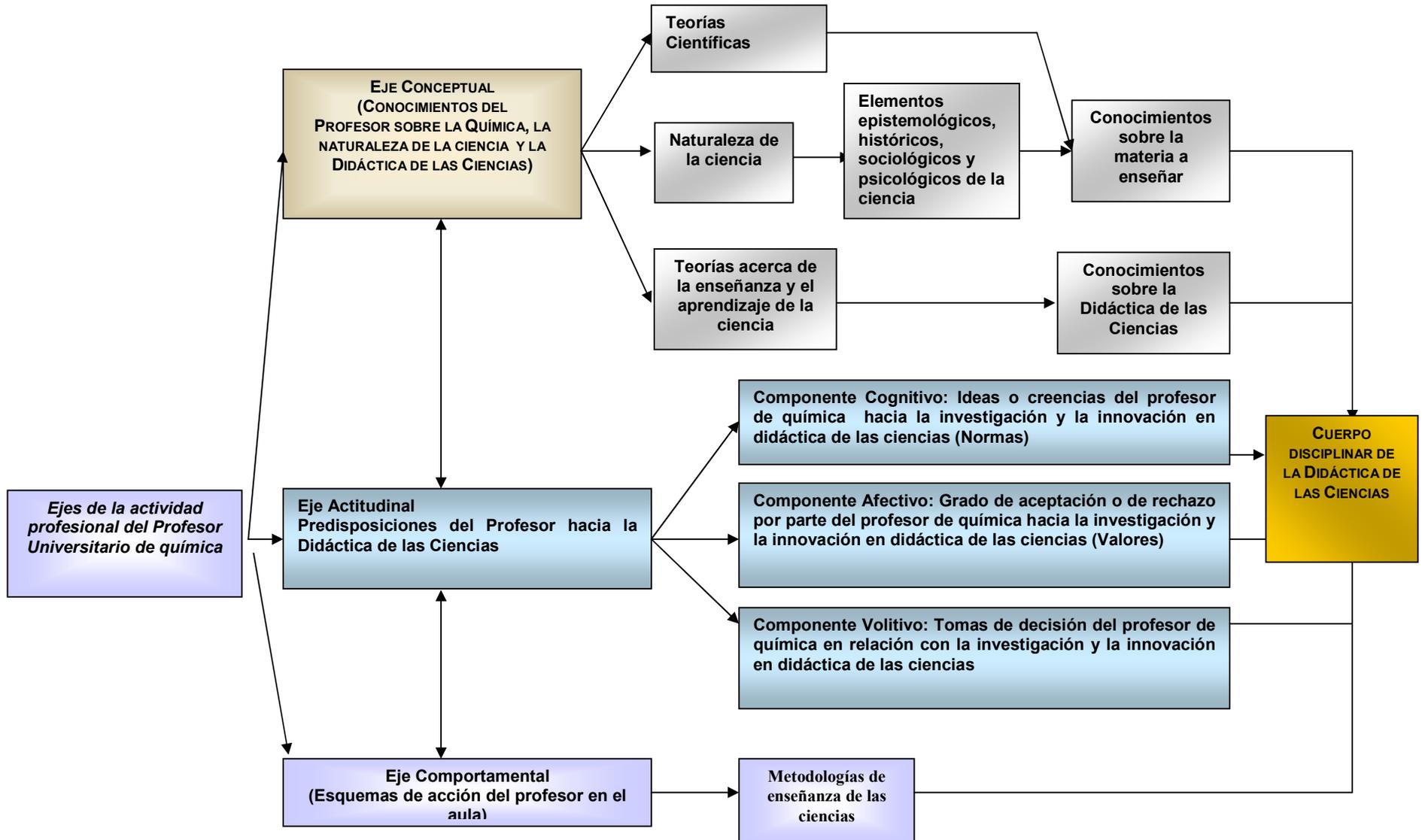
En tal sentido, se han analizado hasta ahora las competencias profesionales que habrán de esperarse de un profesor de ciencias que asume su práctica

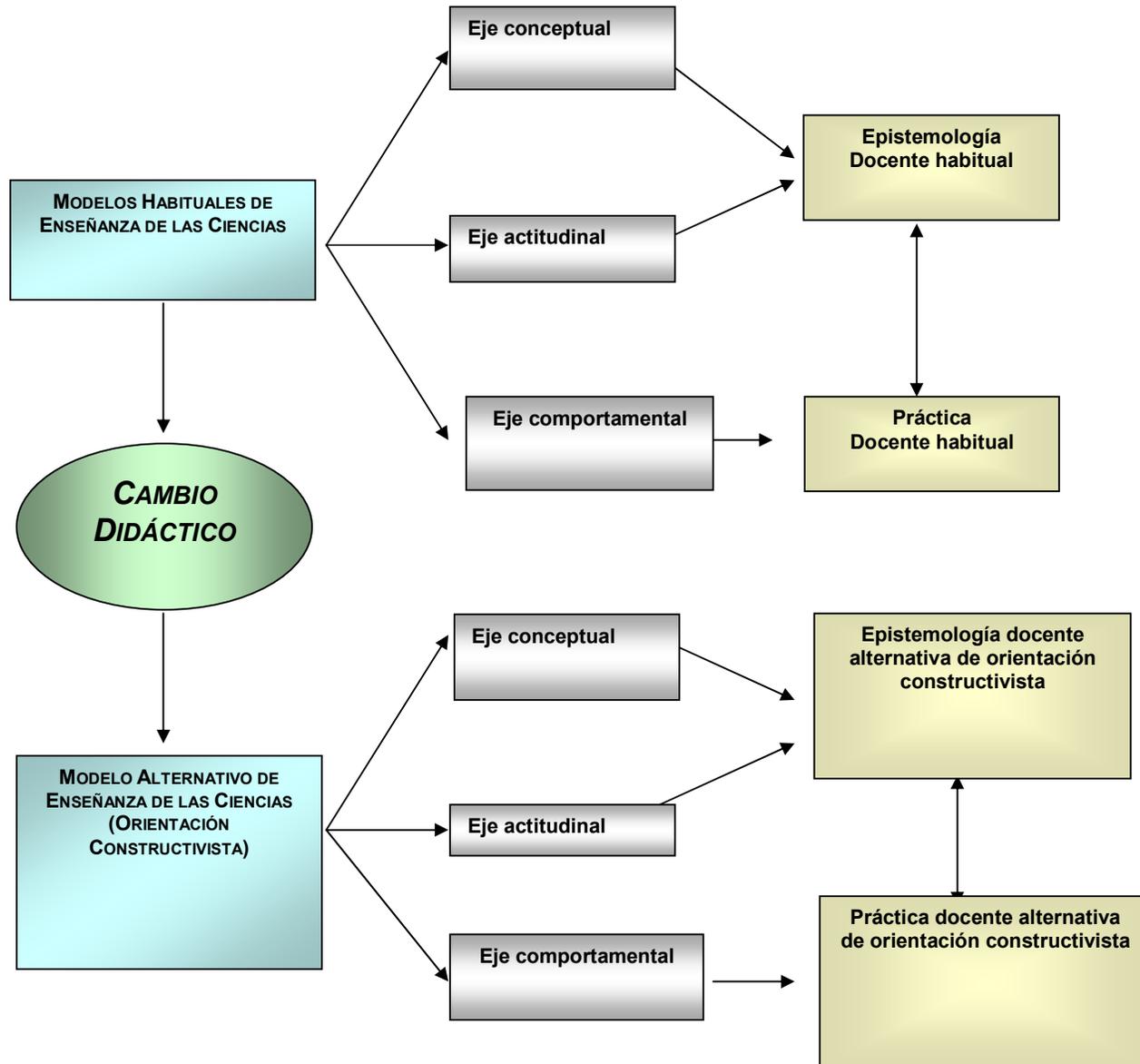
como una actividad profesional, fundamentada en el cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales. De otra parte, se han analizado brevemente las características de la epistemología docente habitual, la cual puede constituirse en un impedimento para el cambio didáctico en el profesorado de ciencias a menos que se analice y cuestione crítica y concientemente, y que genera implicaciones en las visiones del profesorado en relación con la naturaleza de la ciencia y con la actividad científica. Posteriormente se ha pasado a analizar los modelos de formación de profesores de ciencias, haciendo especial énfasis en el que hemos convenido denominar como “modelo eficaz, el cual considera los resultados logrados hasta ahora por la investigación en Didáctica de las Ciencias, especialmente desde el contexto de la enseñanza y del aprendizaje por investigación orientada.

En este punto, la memoria conduce a presentar la manera como se han operativizado las dos hipótesis que orientan la investigación, así que se mostrarán los diseños experimentales empleados para ponerlas a prueba y los resultados obtenidos.

A continuación se presenta esquemáticamente, a modo de resumen, los ejes que componen la actividad profesional que debería desarrollar un profesor de ciencias a la luz de la investigación contemporánea en Didáctica de las ciencias, así como la estructura del cambio didáctico que precisamente se pretende para favorecer el paso desde concepciones, actitudes y prácticas habituales sobre la enseñanza de las ciencias, hacia concepciones, actitudes, y prácticas innovadoras sobre la enseñanza de las ciencias.

Capítulo 2. Emisión y fundamentación de las Hipótesis (H1 y H2) de la investigación





ESQUEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

H1: Los conocimientos, las actitudes y la práctica docente de los profesores universitarios de química, corresponden a una epistemología docente y a una práctica docente próximas a modelos de enseñanza de las ciencias espontáneos o tradicionales, fruto de visiones simplistas sobre la ciencia, sobre la enseñanza de la ciencia y sobre su aprendizaje.

H2: Un programa de formación de profesores universitarios de química que les permita trabajar en equipos cooperativos e involucrarse en los resultados de la investigación y la innovación en didácticas las ciencias, facilitará en estos profesores un cambio didáctico entendido como un cambio en la epistemología y en la práctica docente, de manera que sus concepciones sobre la naturaleza de la química y sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química, sus actitudes hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y sus esquemas de acción previstos en relación con la actividad docente y con un trabajo del aula, podrán estar más próximos a orientaciones didácticas de naturaleza constructivista.

Fundamentación asumida para abordar las Hipótesis previstas:

- ✱ Competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias
- ✱ La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio
- ✱ Visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza
- ✱ Análisis crítico de modelos de formación del profesorado de ciencias
- ✱ Características de modelos eficaces que favorezcan el desarrollo profesional docente

CAPÍTULO III

OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS Y DISEÑO EXPERIMENTAL PARA PONERLA A PRUEBA

3. OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS Y DISEÑO EXPERIMENTAL PARA PONERLA A PRUEBA

Como se indicó en la recapitulación del capítulo anterior, pasamos ahora a operativizar la primera hipótesis de esta investigación (H1), la cual está expresada en los siguientes términos:

Los conocimientos, las actitudes y la práctica docente de los profesores universitarios de química, corresponden a una epistemología docente y a una práctica docente próximas a modelos de enseñanza de las ciencias espontáneos o tradicionales, fruto de visiones simplistas sobre la ciencia, sobre la enseñanza de la ciencia y sobre su aprendizaje.

Para tal efecto, se consideran en este capítulo las consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente habitual (configurada por las concepciones y las actitudes de los profesores de ciencias respecto a la ciencia y a la actividad científica, por las concepciones y actitudes hacia la historia de la ciencia y hacia sus implicaciones en la enseñanza de la ciencia, y por las concepciones y actitudes hacia la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en las ciencias), y a la práctica docente habitual.

De igual forma, se presenta el cuestionario Q1 utilizado para la caracterización de la epistemología docente habitual y la rejilla de observación O1 de los esquemas de acción de la práctica docente de los profesores analizados.

3.1. Consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente habitual de los Profesores de Ciencias

Tomando como referencia el trabajo de investigación reportado en Mosquera (2001), y considerando la fundamentación teórica expuesta en el capítulo 2 de esta memoria, se presentan a continuación las diferentes consecuencias contrastables asociadas con la epistemología personal docente y que se analizan a propósito de esta investigación:

- Desde el punto de vista de las concepciones del profesorado de ciencias en relación con la naturaleza, desarrollo y validez del conocimiento científico y con la actividad científica, se hace énfasis en las concepciones de naturaleza empirista y rígida, según las cuales el conocimiento se encuentra a priori depositado en la realidad natural y social y existe previamente a ser conocido por las personas. En general, este punto de vista se asume desde una posición filosófica realista ingenua (la realidad es como la vemos, de tal forma que lo que no se percibe no se considera como problema de estudio) o realista interpretativa (la realidad existe y tienen propiedades, aunque no siempre nos es posible conocerla directamente; así que mediante la ciencia y sus aplicaciones podemos conocer la realidad y averiguar cómo es verdaderamente).
- En esta perspectiva también haremos referencia al impacto del conocimiento de la historia de la ciencia en relación con su contexto frente a la epistemología del conocimiento científico, haciendo énfasis en las concepciones que consideran la historia como un conjunto de relatos muchas veces anecdóticos de grandes “héroes de la ciencia” y de “grandes teorías exitosas”.
- En cuanto a lo que tiene que ver con actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, el currículo, la evaluación y los procesos de formación de profesores, se tienen en cuenta las predisposiciones y grados de valoración que los docentes conceden a puntos de vista caracterizados por un sentido común hacia la docencia.

Cada una de las consecuencias contrastables previstas en esta investigación se asume con convenciones, de tal forma que para las consecuencias contrastables más próximas a una docencia del sentido común nos referiremos como CCSC. El número indica un orden para estas concepciones, aclarando que éste no hace referencia a un orden de importancia sino simplemente a un criterio para su organización, lo cual será muy importante a la hora del análisis de los resultados obtenidos.

Se hace importante mencionar que la posibilidad de hacer énfasis entre posiciones más habituales y aquellas más acordes con los resultados de la investigación didáctica, tanto sobre el conocimiento científico y las actividades científicas, como sobre el papel de la historia de la ciencia y las concepciones sobre enseñanza, aprendizaje, currículo y evaluación en las ciencias, favorece la construcción de consecuencias contrastables producto respectivamente, de posiciones habituales y de posiciones más acordes con los resultados de la investigación didáctica, en los ámbitos de la filosofía de las ciencias, la historia de las ciencias y la didáctica de las ciencias (las cuales se tratarán en el capítulo 5 de esta memoria); así pues, estas consecuencias contrastables son una herramienta útil para conocer en profundidad, concepciones, actitudes y prácticas de los profesores tanto en su epistemología personal docente como en su práctica personal docente.

3.1.1. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la actividad científica desde la perspectiva de la docencia habitual.

En relación con las concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la actividad científica que manifiestan los profesores de ciencias, las siguientes son las consecuencias contrastables previsibles desde posturas empiristas y realistas sobre el conocimiento científico:

Visión empiro-inductivista y ateórica:

CCSC2. El conocimiento científico no es otra cosa que el resultado de una fiel copia de lo que es la realidad, es decir, el conocimiento científico es por completo objetivo.

CCSC3. La investigación científica comienza a partir de observaciones neutrales y sistemáticas de la realidad.

CCSC7. El experimento científico es una forma de determinar si las hipótesis de trabajo son verdaderas o son falsas.

CCSC8. El conocimiento científico surge por el interés de estudiar hechos casuales.

CCSC9. Abordar una nueva situación en la ciencia solo requiere el interés de un investigador o de un grupo de investigadores, es decir, no se necesita de una fundamentación previa.

CCSC10. Las hipótesis se elaboran con el propósito de verificar si una teoría científica es verdadera o falsa.

Visión rígida (algorítmica, exacta, infalible):

CCSC1. Consideración que la investigación científica es un proceso que se realiza con etapas perfectamente preestablecidas siguiendo los pasos del método científico.

CCSC4. El conocimiento científico es una explicación verdadera de la realidad.

CCSC6. La observación científica, al contrario de la observación cotidiana, implica que no haya ningún grado de deformación en relación con lo que se está apreciando en la realidad.

CCSC11. Una investigación científica es adecuada cuando ésta se va desarrollando paso a paso y cuando cada uno de ellos se va agotando exitosamente.

CCSC12. Una investigación científica culmina cuando se resuelve la pregunta inicial y así con ello se puede pasar a resolver una investigación completamente nueva y diferente.

Visión acumulativa, lineal:

CCSC5. El conocimiento científico tiene un estatus definitivo y si es necesario cambiar una teoría por otra se debe a que al interior de la teoría se han encontrado errores significativos.

3.1.2. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la docencia habitual.

En relación con las concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias, cabe destacarse un conjunto de características cercanas a posturas historiográficas muy ligadas a imaginarios del sentido común. Las siguientes son algunas de las consecuencias que se consideran en la presente investigación (Traver i Riber 1996, Mosquera 2000 y 2000-b):

Visión empiro-inductivista y ateórica:

CCSC13. Se considera que la ciencia se produce a partir de experimentos cruciales que siguen un ideal empirista e inductivista.

CCSC16. La ciencia no posee un carácter tentativo.

Visión rígida (algorítmica):

CCSC14. El principal motivo que impulsa la creación científica es el aspecto formal y el matemático.

Visión individualista y elitista:

CCSC15. La ciencia es obra de unos pocos grandes genios.

CCSC21. El trabajo científico sólo es cosa de hombres.

Visión acumulativa, lineal:

CCSC17. Las teorías científicas actuales son el resultado de la adición de muchas teorías hechas en el pasado, algunas en desuso en la actualidad.

CCSC18. Las teorías científicas actuales son el resultado de teorías correctas acumuladas a lo largo de la historia.

CCSC19. El conocimiento científico progresa sin traumatismos, por tanto es perfecto.

Visión descontextualizada, socialmente neutra:

CCSC20. El contexto social no influye en la actividad científica.

3.1.3. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica desde la perspectiva de la docencia habitual.

En cuanto a concepciones cotidianas y espontáneas respecto a la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación (Mosquera 2000) se consideran las siguientes consecuencias contrastables:

CCSC22. Hipótesis de la tabula rasa, es decir, no existe ningún tipo de información en el cerebro del estudiante antes de cualquier nueva actividad de aprendizaje.

CCSC23. El aprendizaje es independiente de la enseñanza (la responsabilidad del estudiante es aprender y la del profesor es enseñar).

CCSC24. Para favorecer el aprendizaje se requiere únicamente que el profesor conozca los contenidos conceptuales de la materia que enseña.

CCSC25. Aprender ciencias implica el dominio de contenidos conceptuales y de algunas habilidades técnicas complementarias.

CCSC26. Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere conocer una gran variedad de contenidos conceptuales.

CCSC27. La formación inicial de un profesor de ciencias es el resultado de un modelo sumativo que suministra separadamente conocimientos sobre la materia a enseñar y conocimientos psicopedagógicos; la componente didáctica se considera sinónimo de las actividades prácticas del Profesor.

CCSC28. En relación con contenidos y actividades, desde concepciones docentes de sentido común se destacan las siguientes ideas: a) En la enseñanza de las ciencias prima la extensión de contenidos sobre la profundidad con que éstos se tratan, b) La enseñanza de las ciencias es una actividad práctica y está centrada exclusivamente en la disciplina que se

enseña (la práctica la da la experiencia del trabajo con estudiantes) y, c) El programa curricular se aplica rígidamente y por igual a todos los estudiantes.

CCSC29. En relación con estrategias didácticas, desde el punto de vista de una docencia del sentido común se destacan las siguientes consideraciones: a) Estrategias que favorecen la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de prácticas de laboratorio, o la exposición algorítmica en la resolución de ejercicios, b) Estrategias que favorecen el aprendizaje memorístico de conceptos y de ejercicios resueltos, y el aprendizaje manipulativo de prácticas experimentales y, c) La eficacia de la enseñanza depende fundamentalmente del tiempo disponible para explicar el contenido (es independiente del método seguido).

CCSC30. En relación con la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje, desde una docencia del sentido común se considera que: a) La evaluación favorece en los estudiantes la repetición de las explicaciones suministradas por el Profesor (memorización del conocimiento declarativo), b) Evaluación centrada exclusivamente en sancionar el aprendizaje logrado, c) Evaluación centrada en el aprendizaje memorístico de contenidos conceptuales y en la resolución operativa de ejercicios de lápiz y papel y de guías de laboratorio y, d) Evaluación terminal.

CCSC31. En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, desde posturas espontáneas de la actividad docente se considera que: a) Para un adecuado aprendizaje los estudiantes deben permanecer en silencio, atendiendo las explicaciones del Profesor, b) El trabajo de los estudiantes ha de realizarse de manera individualizada, c) El profesor es el protagonista en el aula: explica contenidos, ilustra técnicas para resolver problemas y demuestra resultados experimentales. El estudiante es un espectador que sigue las instrucciones del profesor y, d) El profesor programa, desarrolla y evalúa sus clases en forma individual.

3.2. Consecuencias contrastables relativas a la práctica docente habitual de los Profesores de Ciencias.

A continuación se describen algunas situaciones que en la práctica son susceptibles de identificar en los profesores de ciencias, las cuales están muy relacionadas con modelos habituales en la enseñanza de las ciencias:

CCSC32. El profesor es el portavoz de las autoridades académicas y presenta a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa y comprensible posible.

CCSC33. En la evaluación el profesor procura que los estudiantes “devuelvan” el conocimiento que en su momento les dio, de la forma más precisa posible.

CCSC34. Para la evaluación, el profesor utiliza ejercicios repetitivos (problemas – tipo) en los que se trata de comprobar el grado en que el alumno domina una rutina o un sistema de resolución previamente explicado.

CCSC35. El profesor practica una evaluación predominantemente selectiva y sumativa.

CCSC36. El método científico es el método de enseñanza.

CCSC37. El profesor facilita el descubrimiento de conceptos científicos en los alumnos usando prioritariamente guías de trabajo.

CCSC38. Las fases de una actividad de descubrimiento, más o menos son en su orden las siguientes: 1) presentación de un problema, 2) observación, identificación de variables y recogida de datos, 3) planteamiento de una(s) hipótesis, 4) experimentación para comprobar la(s) hipótesis formulada(s) sobre las variables y los datos, 5) organización e interpretación de los resultados, 6) reflexión sobre el proceso seguido y sobre los resultados obtenidos.

CCSC39. En el caso de explicaciones, orales o escritas, el profesor procura establecer relaciones entre la nueva información que se presenta a los alumnos con algunos conocimientos que identifica previamente con ellos.

CCSC40. La evaluación se centra casi exclusivamente en el conocimiento conceptual de las ciencias por parte de los alumnos y en ocasiones procura examinar las relaciones conceptuales que ellos proponen.

3.3. Diseños experimentales utilizados para la contrastación de la primera hipótesis

Una vez definidas las consecuencias contrastables asumidas para el tratamiento experimental de la primera hipótesis (H1), se presentan a continuación los cuestionarios utilizados para la caracterización del conjunto de conocimientos y actitudes que engloban la epistemología personal docente, así como la rejilla de observación seguida para identificar los esquemas de acción en la práctica docente de los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación.

3.3.1. Cuestionario para la identificación de la epistemología docente habitual de los profesores de ciencias.

Para la caracterización de la epistemología docente habitual de los profesores universitarios de química intervenidos, se aplicó el Cuestionario Q1. Dicho cuestionario se ha venido aplicando en otros trabajos desarrollados por el autor de esta memoria, como parte de una investigación institucional adelantada en la Universidad Distrital de Bogotá (Colombia).

3.3.1.1. Concepciones y actitudes habituales sobre la ciencia y sobre la actividad científica.

Se presenta a continuación el conjunto de preguntas que hacen parte del cuestionario Q1 y que tiene como propósito caracterizar las concepciones y actitudes habituales sobre la ciencia y sobre la actividad científica de los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación (Cuestionario Q1-A).

Cuestionario Q1-A. Caracterización de la epistemología docente habitual.

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

1. La investigación es un proceso que se realiza por etapas previamente establecidas según el método científico.
2. El método científico garantiza la objetividad en el estudio de la realidad.
3. Toda investigación científica comienza por la observación sistemática del fenómeno que se estudia.
4. Los científicos tienen el objetivo de lograr una explicación verdadera del mundo, pero no pueden saber con seguridad que sus hallazgos son verdaderos.
5. Las teorías científicas tienen un estatus definitivo. Si ellas cambian, se debe a que se les encuentran errores que no pueden ser superados.
6. La diferencia entre la observación cotidiana y la observación científica, es que esta última requiere una atención cuidadosa y sin interferencias para lograr descubrir las verdades de la naturaleza.
7. A través del experimento, el investigador comprueba si su hipótesis de trabajo es verdadera o falsa.
8. El conocimiento científico surge por el interés de algunas personas de estudiar hechos casuales de la naturaleza.
9. Para abordar un nuevo hecho de la naturaleza, sólo se requiere el interés por su estudio de parte de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de

una fundamentación previa.

10. Las hipótesis son una parte del método científico y tienen como finalidad comprobar si una teoría es verdadera o es falsa.
11. Una correcta investigación científica debe seguir un proceso metodológico riguroso, de forma que un nuevo paso no puede darse sino hasta terminar completamente los pasos anteriores.
12. Una investigación científica culmina cuando se responde satisfactoriamente una pregunta. Cumplido este logro, se puede pasar a una nueva investigación.

3.3.1.2. Concepciones y actitudes habituales sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.

Se presenta a continuación el conjunto de preguntas que hacen parte del cuestionario Q1 y que tiene como propósito caracterizar las concepciones y actitudes habituales sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias, manifestadas por los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación (Cuestionario Q1-B).

Cuestionario Q1-B. Caracterización de la epistemología docente habitual.

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

13. El avance de la ciencia se logra cuando se sistematizan experimentos cruciales que dan explicaciones verdaderas del mundo, fruto de una gran experiencia y de una metodología de investigación que ha llevado desde lo más simple hasta lo más

complejo.

14. El principal reto de la creación científica es organizar los aspectos formales y matemáticos de las teorías como representaciones fieles de la realidad.
15. A lo largo de nuestra historia, muchas personas se han interesado por la investigación científica; sin embargo, dada su dificultad, a solo unos pocos se les puede atribuir sus avances.
16. Una buena teoría científica se caracteriza por su exactitud y precisión. Si no lo es, es apenas un intento de teoría científica (pseudo-teoría).
17. Las teorías científicas actuales son el resultado de las diferentes teorías elaboradas en el pasado. Sin embargo, algunas de estas teorías pasadas que han entrado en desuso, no se consideran como parte constituyente de las teorías actuales.
18. Las teorías científicas adquieren su condición como tales, cuando logran hacer diferentes explicaciones verdaderas acerca de diversos hechos del mundo.
19. Mientras que una investigación científica se desarrolle cumpliendo fielmente los pasos del método científico, ésta se adelantará sin tropiezos ni traumatismos.
20. El éxito de la investigación científica es un asunto enteramente interno al mundo de los científicos. Los problemas del contexto social poco o nada inciden para alcanzar resultados satisfactorios.
21. La ciencia es fundamentalmente cosa de hombres. La contribución al desarrollo de la ciencia por parte de las mujeres ha sido más bien tangencial.

3.3.1.3. Concepciones y actitudes habituales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica.

Se presenta a continuación el conjunto de preguntas que hacen parte del cuestionario Q1 y que tiene como propósito caracterizar las concepciones y actitudes habituales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la educación científica, manifestadas por los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación (Cuestionario Q1-C).

Cuestionario Q1-C. Caracterización de la epistemología docente habitual.

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

- 22. Antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes no poseen ideas ni conocimientos sobre el contenido a estudiar.
- 23. La responsabilidad del profesor de ciencias es enseñar a sus estudiantes las diferentes teorías científicas; la responsabilidad del estudiante de ciencias es aprender las teorías científicas.
- 24. Lo realmente importante en el aprendizaje de las ciencias es abarcar los datos y los conceptos fundamentales que en una teoría utilizan los científicos.
- 25. Una manera correcta de aprender ciencias es la de asimilar contenidos conceptuales y la de ejercitarse en técnicas del trabajo experimental.
- 26. Puede decirse que un estudiante posee un buen dominio de las teorías científicas cuando conoce gran variedad de contenidos conceptuales.
- 27. La formación de un profesor de ciencias debe tener una fuerte componente científica complementada por habilidades y técnicas acerca de cómo enseñar.
- 28. a) Si el estudiante pone mucha atención, puede comprender rápidamente los contenidos científicos. Ello sumado a un curso bien planificado, puede favorecer el tratamiento de la mayor cantidad de contenidos previstos para que los estudiantes aprendan una buena ciencia. b) La enseñanza de las ciencias es una actividad enteramente práctica que se afina con la experiencia reiterada del trabajo con estudiantes y por tanto no requiere de tanta profundidad teórica.

- c) Dado que el objetivo de la educación científica es que todos los alumnos aprendan las teorías científicas, el currículo para tal efecto debe ser igual para todos los estudiantes.
29. a) Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor encuentra las claves para dar claramente los contenidos científicos a los alumnos, cuando ayuda a que los alumnos asimilen buenas ideas y técnicas a partir de lecturas y de guías de laboratorio, y cuando logra que los estudiantes adquieran habilidad en la resolución de ejercicios de lápiz y papel.
- b) Una buena estrategia de enseñanza se logra cuando el alumno es capaz de repetir sin dificultades conceptos científicos, cuando mecaniza adecuadamente la solución de ejercicios de lápiz y papel, y cuando sigue adecuadamente las técnicas de un trabajo práctico de laboratorio.
- c) La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende del tiempo con que se dispone para el tratamiento de los contenidos del programa.
30. a) Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe favorecer la repetición de las explicaciones suministradas por el profesor para mecanizar la nueva información disponible.
- b) La evaluación debe servir para diferenciar los estudiantes que merecen valoraciones positivas de los que merecen valoraciones negativas.
- c) La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe concentrarse en evidenciar los niveles de asimilación de los contenidos conceptuales por parte de los estudiantes y en corroborar su habilidad para resolver ejercicios de lápiz y papel y para seguir guías de trabajos prácticos de laboratorio.
- d) La evaluación, para que entregue información completa al profesor, debe aplicarse al final de un contenido, es decir, cuando se han tratado por completo aspectos conceptuales, ejercicios de aplicación y prácticas de laboratorio en caso que sea posible su realización.
31. a) Para un adecuado aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes, han de manifestar una actitud de atención y silencio en tanto el profesor realiza su explicación.
- b) Un trabajo individual, que responda a las motivaciones de los alumnos, puede favorecer un adecuado aprendizaje de las ciencias.
- c) Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en el aula de clase y en la sala de experimentación, el profesor debe ser el centro de atención al momento de explicar contenidos, al ilustrar técnicas para resolver ejercicios de lápiz y papel, y al demostrar resultados experimentales. El estudiante debe prestar la mayor atención posible para comprender las explicaciones del profesor.

d) Una manera rápida y efectiva de enseñar es programar, desarrollar y evaluar sus clases de manera individual.

3.3.2. Rejilla de observación para la caracterización de esquemas de acción habituales en la práctica docente.

Se presenta a continuación el conjunto de situaciones que hacen parte de la rejilla de observación R1 y que tiene como propósito guiar la observación de los esquemas de acción que en la práctica docente desarrollan los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación. La aplicación de esta rejilla se realizará mediante un proceso de observación no participante del investigador en el aula de clase de cada uno de los profesores intervenidos en esta investigación. Las observaciones serán registradas en audio y transcritas posteriormente para la elaboración del análisis correspondiente.

Rejilla de Observación R1. Guía de observación de profesores de ciencias sobre los esquemas de acción que siguen en el aula de clase y en el aula de laboratorio

32. El profesor actúa como un portavoz de las comunidades científicas especializadas. Es el puente entre los científicos y los alumnos y por ello se predispone principalmente a presentar a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa, objetiva y comprensible posible.
33. La evaluación procura ser objetiva, centrada en los contenidos suministrados por el profesor, en procura que ellos reproduzcan las explicaciones antes impartidas.
34. La evaluación de actividades de los alumnos en forma de ejercicios, procura evidenciar las habilidades técnicas que emplean para dominar un mecanismo, una rutina o un sistema de resolución previamente explicado.
35. La evaluación permite seleccionar estudiantes según su grado de asimilación de contenidos conceptuales, según sus habilidades para emplear técnicas de solución de ejercicios de lápiz y papel, y según sus habilidades para poner en práctica actividades de laboratorio.
36. El método científico clásico, es el método de enseñanza que se sigue para que los alumnos descubran y asimilen conocimientos y técnicas científicas.
37. Las guías de trabajo que eventualmente el profesor pasa a sus estudiantes, favorecen

el descubrimiento de conocimientos científicos aceptados y validados por las comunidades especializadas.

38. En las actividades planeadas para favorecer el descubrimiento de conocimientos y técnicas científicas por parte de los estudiantes, siguen en general las siguientes rutinas: presentación del problema o del tema a estudiar, observación - identificación de variables – recogida de datos, postulación de una o varias hipótesis a partir de los datos recogidos, experimentos para comprobar las hipótesis formuladas, organización e interpretación de los resultados obtenidos en el experimento, síntesis de los resultados obtenidos – análisis del proceso seguido.
39. En las actividades planeadas para favorecer las explicaciones del profesor, se buscan conexiones entre la nueva información y los conocimientos previos de los estudiantes. Si el contenido a explicar es nuevo, no preocupa entablar dichas conexiones.
40. Se da un mayor peso relativo al aprendizaje de los contenidos conceptuales de los alumnos que a las actividades prácticas que adelantan.

3.4. Rasgos personales de la muestra de profesores universitarios a los que se aplicaría el diseño experimental

El programa de actividades consistente en un Seminario fundamentado en el modelo de enseñanza de las ciencias por investigación orientada y desarrollado en el contexto de un “programa eficaz” de formación de profesores de ciencias, se realizará con cuatro profesores, todos ellos encargados de la formación inicial de profesores de química y que desarrollan sus actividades de Docencia y de Investigación en la Facultad de Ciencias y Educación de la Universidad Distrital en Bogotá (Colombia), unidad académica a la cual se encuentra adscrito el Programa de Licenciatura en Química.

Teniendo en cuenta que esta investigación se desarrolla mediante la metodología de estudios de caso, conviene señalar los rasgos personales y profesionales de los profesores participantes en el programa derivado de esta investigación. El orden en que se presentan, tan solo corresponde a un código asignado aleatoriamente para identificar la producción escrita de cada uno de

los profesores universitarios de química participantes del programa de formación derivado de esta investigación.

A continuación se describe brevemente el *curriculum vitae* de cada uno de ellos (los nombres que se asignan son ficticios, con el ánimo de preservar la identidad del profesor):

José, Profesor 1: José: Edad: 41 años, Experiencia Docente en Educación Superior: 18 años, líder, le gusta tomar la iniciativa, busca consensos, actualmente Director de los Laboratorios de Química de la Universidad. Acredita Grado Universitario en Química, es docente e investigador en el campo específico de la Química Analítica con énfasis en Química Computacional – acredita una Especialización en Química Computacional y una Maestría en Química Ambiental. Antes de iniciar su participación en este programa de formación, tan solo había participado en cursos cortos de formación de profesores dirigidos a aprender a elaborar y utilizar mapas conceptuales y círculos hermenéuticos. Adicionalmente ha participado en cursos inter-semestrales ofrecidos por la Universidad, en especial aquellos dedicados al conocimiento y práctica de políticas públicas de acreditación en educación superior y en programas de profundización en técnicas instrumentales contemporáneas para el desarrollo del análisis químico.

Adolfo, Profesor 2: Adolfo: 48 años, Experiencia Docente en Educación Superior: 25 años, pausado, receptivo, busca consensos. Acredita Grado Universitario en Química, es docente e investigador en Química Orgánica con énfasis en Síntesis Orgánica. Antes de iniciar su participación en este programa de formación, ha participado en un curso continuado ofrecido por la Universidad denominado “modalidades de trabajo en el aula”, espacio en el cual se familiariza al profesorado en el conocimiento y práctica de diversas metodologías de trabajo en el aula: clase magistral, seminario, seminario – taller y foro. Por lo demás, ha participado permanentemente en cursos de profundización sobre tópicos de la química orgánica.

Inés, Profesora 3: Inés: 43 años, Experiencia Docente en Educación Superior: 20 años, Líder, le gusta tomar la iniciativa. Acredita Grado Universitario en Química y es docente e investigadora en Bioquímica - acredita una Maestría en Bioquímica. Antes de iniciar su participación en este programa de formación, su participación en actividades continuadas de profesores ofrecidos por la Universidad ha estado centrada en ámbitos de profundización en bioquímica y genética.

Pedro, Profesor 4: Pedro: 42 años, Experiencia Docente en Educación Superior: 18 años, Líder, le gusta tomar la iniciativa, busca consensos. Actualmente coordina el comité de auto-evaluación del Programa de Licenciatura en Química. Acredita Grado Universitario en Química, es docente e investigador en Química Inorgánica – acredita Doctorado en Química Inorgánica. Antes de iniciar su participación en este programa de formación, ha participado activamente en las actividades programadas por la facultad en torno a procesos de auto-evaluación con miras al reconocimiento de acreditación de alta calidad. De igual forma participa en programas de profundización en química inorgánica, en especial en química de la coordinación.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS H1

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS H1

En el presente capítulo, se presentan y analizan los resultados obtenidos con los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación antes de su participación en el Programa de Actividades. Dado que se trata del análisis de la primera hipótesis H1, se estudian aquí los resultados obtenidos luego de la aplicación del cuestionario Q1 en todas sus formas (Q1-A orientado a la caracterización de concepciones y actitudes iniciales sobre la ciencia y sobre la actividad científica; Q1-B orientado a la caracterización de concepciones y actitudes iniciales sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias; y Q1-C orientado a la caracterización de concepciones y actitudes iniciales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica desde la perspectiva de la docencia habitual). El cuestionario Q1 en su conjunto, se ha utilizado para caracterizar la epistemología personal docente inicial de los profesores intervenidos en esta investigación.

De la misma manera, se analizan en este capítulo los resultados obtenidos luego de la aplicación de la rejilla de observación R1 seguida para la caracterización de esquemas de acción habituales en la práctica docente.

Es importante aclarar que el cuestionario Q1 con todos sus componentes y que le rejilla de observación R1, fueron aplicados a los profesores universitarios de química que hicieron parte de esta investigación, antes de iniciar su participación en el Programa de Actividades seguido con la intencionalidad de favorecer en ellos un cambio didáctico, tal y como lo espera esta investigación.

4.1. Resultados en torno a las características de la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias

Se presentan a continuación los resultados del Cuestionario inicial aplicado a los Profesores Universitarios de Química que hicieron parte del Programa de Formación seguido como parte de la investigación que se muestra en esta memoria. Primeramente, se muestran y analizan los resultados obtenidos individualmente por cada profesor y luego se hace un análisis general. El cuestionario que se ilustra en el capítulo 3, consta de dos partes: una para la **identificación de la epistemología docente habitual de los profesores de ciencias** y que específicamente, entre las preguntas 1 a 12 da cuenta de las **Concepciones y actitudes habituales sobre la ciencia y sobre la actividad científica** (cuestionario Q1-A), entre las preguntas 13 a 21 da cuenta de las **Concepciones y actitudes habituales sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias** (cuestionario Q1-B), y entre las preguntas 22 a 31 da cuenta de las **Concepciones y actitudes habituales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica** (cuestionario Q1-C).

El cuestionario Q1 se ha aplicado en forma de instrumento de *Escala Likert*, consistente en un conjunto de proposiciones (31) donde los Profesores, de acuerdo a sus ideas y creencias, podían responder si se encontraban Totalmente en desacuerdo, o En desacuerdo, o Declararse neutros y no dar opinión, o De acuerdo, o Totalmente de acuerdo con la proposición presentada.

Como se puede derivar de las Consecuencias contrastables y del Instrumento que procura su identificación ilustrado en el capítulo 3 de esta memoria, los ítems 4 y 5 reflejan posturas habituales y muy habituales respectivamente frente a las concepciones epistemológicas sobre la ciencia y la actividad científica, sobre la historia de la ciencia y sus implicaciones en la enseñanza de la ciencia, y sobre concepciones respecto a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por el contrario, los ítems 1 y 2 reflejan posturas acordes con los resultados de la investigación didáctica y muy acordes con los resultados de la

investigación didáctica respectivamente, frente a las concepciones indicadas atrás. El ítem 3 sería indicador de una postura neutra donde el profesor no se muestra ni de acuerdo ni en desacuerdo y por tanto no manifiesta ni una concepción contemporánea ni una concepción habitual respecto a la concepciones sobre ciencia, historia de la ciencia, enseñanza de la ciencia y aprendizaje de la ciencia.

Debe precisarse que este instrumento fue aplicado a los profesores una semana antes de comenzar formalmente el Programa de Formación, aunque para la época de su aplicación ya los Profesores contaban con la autorización del Consejo de Facultad de Ciencias y Educación para participar en el proyecto, y por tanto, ya contaban con el tiempo asignado para ello. En otras palabras, ya se consideraban como participantes oficiales.

4.1.1. Resultados individuales en torno a las características de la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias

En el cuadro 1, se presentan las valoraciones iniciales de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica (resultado de la aplicación del instrumento Q1-A); en el cuadro 2, se presentan las valoraciones iniciales de los profesores sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias (resultado de la aplicación del instrumento Q1-B); y en el cuadro 3 se presentan las valoraciones iniciales de los profesores sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica (resultado de la aplicación del instrumento Q1-C). La justificación de cada uno de los ítems, está planteada en los apartados del capítulo 3 de la siguiente manera:

El apartado 3.1.1 destaca las consecuencias contrastables para caracterizar las ideas que sobre naturaleza de la ciencia y actividad científica manifiestan los profesores de química intervenidos (CCSC1 a CCSC12); el apartado 3.1.2 destaca las consecuencias contrastables para caracterizar las ideas que sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias manifiestan los profesores de química intervenidos (CCSC13 a CCSC

21); y el apartado 3.1.3 destaca las consecuencias contrastables para caracterizar las ideas que sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica manifiestan los profesores de química intervenidos (CCSC22 a CCSC31-d). El orden de cada una de estas consecuencias contrastables corresponde al orden de los ítems trabajados en los cuestionarios Q1-A, Q1-B y Q1-C.

Como se puede derivar de las Consecuencias contrastables y del Instrumento que procura su identificación ilustrado en el capítulo 3 de esta memoria, los ítems 4 y 5 reflejan posturas habituales y muy habituales respectivamente respecto a las concepciones epistemológicas sobre la ciencia y la actividad científica, sobre la historia de la ciencia y sus implicaciones en la enseñanza de la ciencia, y sobre concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por el contrario, los ítems 1 y 2 reflejan posturas más acordes con los resultados de la investigación didáctica y muy acordes con los resultados de la investigación didáctica respectivamente, frente a las concepciones indicadas atrás. El ítem 3 sería indicador de una postura neutra donde el profesor no se muestra ni de acuerdo ni en desacuerdo y por tanto no manifiesta ni una concepción contemporánea ni una concepción habitual respecto a la concepciones sobre ciencia, historia de la ciencia, enseñanza de la ciencia y aprendizaje de la ciencia.

Cuadro 1. Valoraciones iniciales de los profesores universitarios de química sobre la naturaleza de la ciencia y la actividad científica (Cuestionario Q1-A)

No. Ítem	Contenido del ítem	valoración José	valoración Adolfo	valoración Inés	valoración Pedro
1	La investigación es un proceso que se realiza por etapas previamente establecidas según el método científico.	4	5	5	5
2	El método científico garantiza la	4	4	4	4

Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Primera Hipótesis H1

	objetividad en el estudio de la realidad.				
3	Toda investigación científica comienza por la observación sistemática del fenómeno que se estudia.	3	2	3	3
4	Los científicos tienen el objetivo de lograr una explicación verdadera del mundo, pero no pueden saber con seguridad que sus hallazgos son verdaderos.	4	4	4	4
5	Las teorías científicas tienen un estatus definitivo. Si ellas cambian, se debe a que se les encuentran errores que no pueden ser superados.	3	3	4	4
6	La diferencia entre la observación cotidiana y la observación científica, es que esta última requiere una atención cuidadosa y sin interferencias para lograr descubrir las verdades de la naturaleza.	5	5	5	5
7	A través del experimento, el investigador comprueba si su hipótesis de trabajo es verdadera o falsa.	5	5	5	5
8	El conocimiento científico surge por el interés de algunas personas de estudiar hechos casuales de la naturaleza.	2	3	3	4
9	Para abordar un nuevo hecho de la naturaleza, sólo se requiere el interés por su estudio de parte de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de una fundamentación previa.	1	2	2	1
10	Las hipótesis son una parte del método científico y tienen como finalidad comprobar si una teoría es verdadera o es falsa.	4	4	5	4

11	Una correcta investigación científica debe seguir un proceso metodológico riguroso, de forma que un nuevo paso no puede darse sino hasta terminar completamente los pasos anteriores.	3	4	3	3
12	Una investigación científica culmina cuando se responde satisfactoriamente una pregunta. Cumplido este logro, se puede pasar a una nueva investigación.	2	1	1	2

Cuadro 2. Valoraciones iniciales de los profesores universitarios de química sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias (Cuestionario Q1-B)

No. Ítem	Contenido del ítem	valoración José	valoración Adolfo	valoración Inés	valoración Pedro
13	El avance de la ciencia se logra cuando se sistematizan experimentos cruciales que dan explicaciones verdaderas del mundo, fruto de una gran experiencia y de una metodología de investigación que ha llevado desde lo más simple hasta lo más complejo.	5	4	5	5
14	El principal reto de la creación científica es organizar los aspectos formales y matemáticos de las teorías como representaciones fieles de la realidad.	4	4	4	4
15	A lo largo de nuestra historia, muchas personas se han interesado por la investigación científica; sin embargo, dada su dificultad, a solo unos pocos se les puede atribuir sus avances.	4	4	4	4

Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Primera Hipótesis H1

16	Una buena teoría científica se caracteriza por su exactitud y precisión. Si no lo es, es apenas un intento de teoría científica (pseudoteoría).	5	5	4	5
17	Las teorías científicas actuales son el resultado de las diferentes teorías elaboradas en el pasado. Sin embargo, algunas de estas teorías pasadas que han entrado en desuso, no se consideran como parte constituyente de las teorías actuales.	5	5	5	5
18	Las teorías científicas adquieren su condición como tales, cuando logran hacer diferentes explicaciones verdaderas acerca de diversos hechos del mundo.	4	4	5	4
19	Mientras que una investigación científica se desarrolle cumpliendo fielmente los pasos del método científico, ésta se adelantará sin tropiezos ni traumatismos.	4	5	4	4
20	El éxito de la investigación científica es un asunto enteramente interno al mundo de los científicos. Los problemas del contexto social poco o nada inciden para alcanzar resultados satisfactorios.	4	4	5	4
21	La ciencia es fundamentalmente cosa de hombres. La contribución al desarrollo de la ciencia por parte de las mujeres ha sido más bien tangencial.	2	2	1	2

Cuadro 3. Valoraciones iniciales de los profesores universitarios de química sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica (Cuestionario Q1-C)

No. Ítem	Contenido del ítem	valoración José	valoración Adolfo	valoración Inés	valoración Pedro
22	Antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes no poseen ideas ni conocimientos sobre el contenido a estudiar.	3	4	3	3
23	La responsabilidad del profesor de ciencias es enseñar a sus estudiantes las diferentes teorías científicas; la responsabilidad del estudiante de ciencias es aprender las teorías científicas.	5	5	5	5
24	Lo realmente importante en el aprendizaje de las ciencias es abarcar los datos y los conceptos fundamentales que en una teoría utilizan los científicos.	4	4	4	4
25	Una manera correcta de aprender ciencias es la de asimilar contenidos conceptuales y la de ejercitarse en técnicas del trabajo experimental.	4	4	4	5
26	Puede decirse que un estudiante posee un buen dominio de las teorías científicas cuando conoce gran variedad de contenidos conceptuales.	5	5	5	5
27	La formación de un profesor de ciencias debe tener una fuerte componente científica complementada por habilidades y técnicas acerca de cómo enseñar.	4	5	4	4
28-a	Si el estudiante pone mucha atención, puede comprender rápidamente los contenidos	4	4	4	4

Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Primera Hipótesis H1

	científicos. Ello sumado a un curso bien planificado, puede favorecer el tratamiento de la mayor cantidad de contenidos previstos para que los estudiantes aprendan una buena ciencia.				
28-b	La enseñanza de las ciencias es una actividad enteramente práctica que se afina con la experiencia reiterada del trabajo con estudiantes y por tanto no requiere de tanta profundidad teórica.	2	2	2	2
28-c	Dado que el objetivo de la educación científica es que todos los alumnos aprendan las teorías científicas, el currículo para tal efecto debe ser igual para todos los estudiantes.	4	3	4	3
29-a	Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor encuentra las claves para dar claramente los contenidos científicos a los alumnos, cuando ayuda a que los alumnos asimilen buenas ideas y técnicas a partir de lecturas y de guías de laboratorio, y cuando logra que los estudiantes adquieran habilidad e la resolución de ejercicios de lápiz y papel.	5	5	5	5
29-b	Una buena estrategia de enseñanza se logra cuando el alumno es capaz de repetir sin dificultades conceptos científicos, cuando mecaniza adecuadamente la solución de ejercicios de lápiz y papel, y cuando sigue adecuadamente las técnicas de un trabajo práctico de laboratorio.	3	4	3	4
29-c	La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende del tiempo con que se dispone para el tratamiento de los contenidos del	4	5	4	4

Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contratación de la Primera Hipótesis H1

	programa.				
30-a	Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe favorecer la repetición de las explicaciones suministradas por el profesor para mecanizar la nueva información disponible.	2	2	2	2
30-b	La evaluación debe servir para diferenciar los estudiantes que merecen valoraciones positivas de los que merecen valoraciones negativas.	3	3	2	3
30-c	La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe concentrarse en evidenciar los niveles de asimilación de los contenidos conceptuales por parte de los estudiantes y en corroborar su habilidad para resolver ejercicios de lápiz y papel y para seguir guías de trabajos prácticos de laboratorio.	4	4	4	4
30-d	La evaluación, para que entregue información completa al profesor, debe aplicarse al final de un contenido, es decir, cuando se han tratado por completo aspectos conceptuales, ejercicios de aplicación y prácticas de laboratorio en caso que sea posible su realización.	5	5	5	5
31-a	Para un adecuado aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes, han de manifestar una actitud de atención y silencio en tanto el profesor realiza su explicación.	3	4	3	3
31-b	Un trabajo individual, que responda a las motivaciones de los alumnos, puede favorecer un adecuado aprendizaje de las ciencias.	3	3	4	3

31-c	Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en el aula de clase y en la sala de experimentación, el profesor debe ser el centro de atención al momento de explicar contenidos, al ilustrar técnicas para resolver ejercicios de lápiz y papel, y al demostrar resultados experimentales. El estudiante debe prestar la mayor atención posible para comprender las explicaciones del profesor.	4	4	4	5
31-d	Una manera rápida y efectiva de enseñar es programar, desarrollar y evaluar sus clases de manera individual.	3	2	3	4

El cuestionario Q1 en sus diferentes momentos (Q1-A, Q1-B y Q1-C) fue comentado con cada uno de los profesores en forma separada. A continuación se describe el análisis de los resultados anteriormente presentados en los cuadros 1, 2 y 3.

JOSÉ:

José, antes de su participación en el Programa de Formación, en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera el método científico por etapas pre-establecidas como vía para desarrollar una investigación científica,
- El conocimiento científico es la copia de la realidad,
- Se declara indeciso al considerar la observación como punto de partida en una investigación científica,
- Considera que el conocimiento científico es una explicación verdadera de la realidad,
- Se declara indeciso al considerar si el conocimiento científico tiene un estatus definitivo y si una teoría es cambiada cuando en una predecesora se han encontrado errores significativos,
- Considera que la observación científica es diferente de la observación cotidiana, y que en la primera no hay deformación en relación con lo que se está apreciando en la realidad,

- Considera que el experimento científico verifica si las hipótesis en una investigación son verdaderas o falsas,
- Se muestra en desacuerdo cuando se sugiere que el conocimiento científico surge por el interés de estudiar hechos casuales manifestando una postura más próxima con la epistemología contemporánea al respecto,
- Manifiesta una postura más próxima a la epistemología contemporánea cuando se sugiere que la ciencia inicia un nuevo problema a partir del interés de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de una fundamentación previa,
- Considera que las hipótesis sirven para verificar si una teoría científica es verdadera o falsa,
- Se declara indeciso respecto a si una investigación científica es adecuada cuando ésta se va desarrollando paso a paso no pasando al siguiente antes de culminar el que se aborda,
- Manifiesta una postura más próxima a la epistemología contemporánea cuando considera que una investigación científica no culmina cuando se resuelve la pregunta inicial.

En consecuencia podemos afirmar que las posiciones epistemológicas de José se aproximan a posturas realistas, inductivistas y positivistas, cuando acepta el método científico como el método para orientar la investigación científica, que el conocimiento existe por fuera de nosotros y existe a priori en la realidad, que las teorías científicas son verdaderas si describen adecuadamente la realidad, en consecuencia que una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad.

También ha sido posible identificar en José algunas posturas más próximas a una epistemología contemporánea cuando acepta que el conocimiento científico no surge solo por el interés individual de estudiar hechos casuales, que se requiere de cierta fundamentación previa más que del puro interés para encarar un buen problema de investigación, y que una investigación no termina cuando se ha resuelto la pregunta orientadora.

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en José que:

- Acepta que la ciencia surge de experimentos cruciales debidos a la experiencia y a hechos observacionales que llaman la atención,
- Considera que la ciencia persigue fundamentalmente desarrollar sus aspectos formales y matemáticos,
- Considera que la ciencia es realizada por personas con capacidades excepcionales,
- Considera que la ciencia es realizada por genios.
- Considera que la ciencia es exacta y por tanto no posee un carácter tentativo,

- Considera que las teorías científicas contemporáneas son el resultado de la adición de muchas teorías aunque algunas actualmente se encuentran en desuso. Considera que las teorías científicas contemporáneas son el resultado de la adición de muchas teorías aunque algunas actualmente se encuentran en desuso.
- Considera que las teorías científicas son las sumas de explicaciones verdaderas.
- Considera que el conocimiento científico progresa sin traumatismos,
- Considera que lo social no influye en la actividad científica.
- Se muestra en desacuerdo en cuanto a que la ciencia sólo es cosa de hombres.

Se puede decir entonces que José supone que la ciencia históricamente se ha dado por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, que el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, que quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas excepcionales, que la ciencia es exacta, que la historia de la ciencia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando a lo largo del tiempo, que un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, y que el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas.

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que José:

- Considera indiferente respecto a si antes de la instrucción, los estudiantes no tienen ninguna información en sus mentes,
- Considera que el aprendizaje es independiente de la enseñanza,
- Considera que el éxito del aprendizaje estriba en que el profesor domine los contenidos conceptuales de la materia que enseña.
- Considera que aprender ciencias implica que los estudiantes dominen los aspectos teóricos y algunas habilidades experimentales,
-
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere conocer diferentes contenidos conceptuales,
- Considera que la formación de un profesor debe tener una componente científica sumada a una componente sobre estrategias de enseñanza,
-
- Considera que en la enseñanza de las ciencias prima la extensión de contenidos sobre la profundidad con que se tratan, así como que un programa puede aplicarse por igual a todos los estudiantes independientemente de la carrera que cursen. Sin embargo, manifiesta su neutralidad respecto a que la enseñanza de las ciencias es

mejor cuando se tiene mucha práctica dada por la experiencia del trabajo con estudiantes.

- En cuanto a estrategias de enseñanza, considera que lo mejor es favorecer la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de laboratorio y la

exposición algorítmica de ejercicios; igualmente considera que la eficacia de la enseñanza depende del tiempo disponible para explicar el contenido. De otra parte, no da opinión respecto a si una buena estrategia de enseñanza es aquella que favorece la memorización de conceptos, la operación de ejercicios y la manipulación en prácticas de laboratorio.

- En relación con la evaluación, considera que ésta ha de estar centrada en el aprendizaje de conceptos y de teorías, y en la resolución de guías de laboratorio. De igual forma, acepta que la evaluación debe darse al final de un proceso de enseñanza. Por el contrario, se muestra en desacuerdo respecto a que la evaluación debe favorecer la repetición de los conceptos que enseña el profesor y se muestra indiferente respecto a que la evaluación debe centrarse en identificar, para premiar o para sancionar, los aprendizajes logrados por los estudiantes.
- En cuanto al ambiente de clase, considera que el profesor es el protagonista en el aula. Sin embargo, se muestra neutral respecto a si el profesor ha de suponer que un buen ambiente se da cuando los estudiantes escuchan en silencio las explicaciones del profesor, cuando los estudiantes trabajan individualmente, y cuando el profesor programa y desarrolla las clases siempre en forma individual.

En general puede decirse que José acepta la independencia que existe entre la enseñanza y el aprendizaje, que lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le comprendan, que los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, que la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en el conocimiento de la materia a enseñar, que un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, que un curso se trata por igual independientemente de los estudiantes y de sus finalidades educativas, que el modelo prevalente de enseñanza de las ciencias debe ser el explicativo, que entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, que la evaluación debe centrarse en la identificación de contenidos conceptuales en los estudiantes y que ésta ha de darse al final de una unidad, y que en todo caso, el profesor es el protagonista en el aula y los estudiantes han de estar siempre pendientes de lo que dice y hace el profesor.

ADOLFO:

En general, podemos decir de Adolfo, antes de su participación en el Programa de Formación, que en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera el método científico por etapas pre-establecidas como vía para desarrollar una investigación científica,
- Considera el conocimiento científico como una expresión de la realidad,
- Se declara en desacuerdo al considerar la observación como punto de partida en una investigación científica,
- Considera que el conocimiento científico es una explicación verdadera de la realidad,
- Se declara indeciso al considerar si el conocimiento científico tiene un estatus definitivo y si una teoría es cambiada cuando en una predecesora se han encontrado errores significativos,
- Considera que la observación científica es diferente de la observación cotidiana, y que en la científica no se deforma la realidad,
- Considera que el experimento científico verifica si las hipótesis en una investigación son verdaderas o falsas,
- Se muestra neutral cuando se sugiere que el conocimiento científico surge por el interés de estudiar hechos casuales,
- Manifiesta una postura más próxima a la epistemología contemporánea cuando se sugiere que la ciencia inicia un nuevo problema a partir del interés de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de una fundamentación previa,
- Considera que las hipótesis sirven para verificar si una teoría científica es verdadera o falsa,
- Considera que una investigación científica es adecuada cuando ésta se va desarrollando paso a paso no pasando al siguiente antes de culminar el que se está abordando,
- Manifiesta una postura más próxima a la epistemología contemporánea cuando considera que una investigación científica no culmina cuando se resuelve la pregunta inicial.

En consecuencia podemos afirmar que las posiciones epistemológicas de Adolfo se aproximan a posturas realistas, inductivistas y positivistas, cuando acepta el método científico como el método para orientar la investigación científica, que el conocimiento existe por fuera de nosotros y existe a priori en la realidad, que las teorías científicas son verdaderas si explican la realidad, que la observación científica es diferente de la observación cotidiana porque elimina muchas interferencias para ver lo que realmente se quiere ver, en consecuencia que una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad, y que una investigación científica es buena cuando se siguen los pasos del método

adecuada y completamente.

También ha sido posible identificar en Adolfo algunas posturas más próximas a una epistemología contemporánea cuando acepta que el conocimiento científico no surge de observaciones sistemáticas de la realidad, que se requiere de cierta fundamentación previa más que del puro interés para encarar un buen problema de investigación, y que una investigación no termina cuando se ha resuelto la pregunta orientadora.

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en Adolfo que:

- Acepta que la ciencia surge de experimentos cruciales debidos a la experiencia y a hechos observacionales que llaman la atención,
- Considera que la ciencia persigue fundamentalmente desarrollar sus aspectos formales y matemáticos,
- Considera que la ciencia es realizada por personas con capacidades excepcionales.
- Considera que la ciencia es exacta y por tanto no posee un carácter tentativo,
- Considera que las teorías científicas contemporáneas son el resultado de la adición de muchas teorías aunque algunas actualmente se encuentran en desuso.
- Considera que las teorías científicas son las sumas de explicaciones verdaderas.
- Considera que el conocimiento científico progresa sin traumatismos,
- Considera que lo social no influye en la actividad científica.
- Se muestra en desacuerdo en cuanto a que la ciencia sólo es cosa de hombres.

Se puede decir entonces que Adolfo supone que la ciencia aceptada en la actualidad es aquella que ha logrado desarrollar experimentos cruciales, que históricamente se ha dado por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, que el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, que quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas excepcionales, que la ciencia es exacta, que la historia de la ciencia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando a lo largo del tiempo, que un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, y que el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas.

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que Adolfo:

- Considera que antes de la instrucción, los estudiantes no tienen ninguna información en sus mentes,
- Considera que el aprendizaje es independiente de la enseñanza,
- Considera que el éxito del aprendizaje estriba en que el profesor domine los

contenidos conceptuales de la materia que enseña.

- Considera que aprender ciencias implica que los estudiantes dominen los aspectos teóricos y algunas habilidades experimentales,
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere conocer diferentes contenidos conceptuales,
- Considera que la formación de un profesor debe tener una componente científica sumada a una componente sobre estrategias de enseñanza,
- Considera que en la enseñanza de las ciencias prima la extensión de contenidos sobre la profundidad con que se tratan. Sin embargo, considera que un Programa no puede aplicarse por igual a todos los estudiantes independientemente de la carrera que cursen, y se muestra indiferente respecto a si la enseñanza de las ciencias es mejor cuando se tiene mucha práctica dada por la experiencia del trabajo con estudiantes.
- En cuanto a estrategias de enseñanza, considera que lo mejor es favorecer la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de laboratorio y la exposición algorítmica de ejercicios; igualmente considera que la eficacia de la enseñanza depende del tiempo disponible para explicar el contenido, y que una buena estrategia de enseñanza es aquella que favorece la memorización de conceptos, la operación de ejercicios y la manipulación en prácticas de laboratorio.
- En relación con la evaluación, considera que ésta ha de estar centrada en el aprendizaje de conceptos y de teorías, y en la resolución de guías de laboratorio. De igual forma, acepta que la evaluación debe darse al final de un proceso de enseñanza. Por el contrario, se muestra en desacuerdo respecto a que la evaluación debe favorecer la repetición de los conceptos que enseña el profesor y se muestra indiferente respecto a que la evaluación debe centrarse en identificar, para premiar o para sancionar, los aprendizajes logrados por los estudiantes.
- En cuanto al ambiente de clase, considera que un buen ambiente de clase implica que los estudiantes atiendan en silencio las explicaciones del profesor, y que el profesor es el protagonista en el aula. Se muestra neutral respecto a si el profesor ha de suponer que un buen ambiente se da cuando los estudiantes trabajan individualmente, y manifiesta su desacuerdo cuando el profesor programa y desarrolla las clases siempre en forma individual.

En general puede decirse que Adolfo acepta la idea de la tabula rasa, que la enseñanza y el aprendizaje son procesos independientes, que lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le comprendan, que los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, que la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en el conocimiento de la materia a enseñar, que un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, que el modelo prevalente de enseñanza de las ciencia debe

ser el explicativo, que una buena estrategia de enseñanza ha de conducir a favorecer la memorización de conceptos y la operativización de ejercicios y de métodos experimentales, que entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, que la evaluación debe centrarse en la identificación de contenidos conceptuales en los estudiantes y que ésta ha de darse al final de una unidad, y que en todo caso, el profesor es el protagonista en el aula y los estudiantes han de estar siempre pendientes de lo que dice y hace el profesor.

INÉS:

En general, podemos decir de Inés, antes de su participación en el Programa de Formación que en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera el método científico por etapas pre-establecidas como vía para desarrollar una investigación científica,
- El conocimiento científico es la copia de la realidad,
- Se declara neutral al considerar la observación como punto de partida en una investigación científica,
- Considera que el conocimiento científico es una explicación verdadera de la realidad,
- Considera que el conocimiento científico tiene un estatus definitivo y si una teoría es cambiada cuando en una predecesora se han encontrado errores significativos,
- Considera que la observación científica es diferente de la observación cotidiana, y que en la primera no hay deformación en relación con lo que se está apreciando en la realidad,
- Considera que el experimento científico verifica si las hipótesis en una investigación son verdaderas o falsas,
- Se muestra indiferente cuando se sugiere que el conocimiento científico surge por el interés de estudiar hechos casuales manifestando una postura más próxima con la epistemología contemporánea al respecto,
- Manifiesta una postura más próxima a la epistemología contemporánea cuando se sugiere que la ciencia inicia un nuevo problema a partir del interés de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de una fundamentación previa,
- Considera que las hipótesis sirven para verificar si una teoría científica es verdadera o falsa,
- Se declara indiferente respecto a si una investigación científica es adecuada cuando ésta se va desarrollando paso a paso no pasando al siguiente antes de culminar el que se aborda,
- Manifiesta una postura próxima a la epistemología contemporánea cuando considera que una investigación científica no culmina cuando se resuelve la pregunta inicial.

En consecuencia podemos afirmar que las posiciones epistemológicas de Inés se aproximan a posturas realistas, inductivistas y positivistas, cuando acepta el método científico como el método para orientar la investigación científica, que el conocimiento existe por fuera de nosotros y existe a priori en la realidad, que las teorías científicas son verdaderas si explican la realidad, que las teorías una vez se ajustan a la realidad adquieren un estatus definitivo, que observar diferente a como se observa cotidianamente es clave para comprender la ciencia, que una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad, y que las hipótesis entonces no ayudan a definir si una teoría es verdadera o es falsa.

También ha sido posible identificar en Inés algunas posturas más próximas a una epistemología contemporánea cuando acepta que el conocimiento científico no surge solo por el interés individual de estudiar hechos casuales, que se requiere de cierta fundamentación previa más que del puro interés para encarar un buen problema de investigación, y que una investigación no termina cuando se ha resuelto la pregunta orientadora.

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en Inés que:

- Acepta que la ciencia surge de experimentos cruciales debidos a la experiencia y a hechos observacionales que llaman la atención,
- Considera que la ciencia persigue fundamentalmente desarrollar sus aspectos formales y matemáticos,
- Considera que la ciencia es realizada por personas con capacidades excepcionales,
- Considera que la ciencia es exacta y por tanto no posee un carácter tentativo,
- Considera que las teorías científicas contemporáneas son el resultado de la adición de muchas teorías aunque algunas actualmente se encuentran en desuso.
- Considera que las teorías científicas son las sumas de explicaciones verdaderas.
- Considera que el conocimiento científico progresa sin traumatismos,
- Considera que lo social no influye en la actividad científica.
- Se muestra completamente en desacuerdo en cuanto a que la ciencia sólo es cosa de hombres.

Se puede decir entonces que Inés supone que la ciencia históricamente se ha dado por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, que el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, que quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas excepcionales, que la ciencia es exacta, que la historia de la ciencia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando a lo largo del tiempo, que un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, y que el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas.

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que Inés:

- Se considera indiferente respecto a si antes de la instrucción, los estudiantes no tienen ninguna información en sus mentes,
- Considera que el aprendizaje es independiente de la enseñanza,
- Considera que el éxito del aprendizaje estriba en que el profesor domine los contenidos conceptuales de la materia que enseña.
- Considera que aprender ciencias implica que los estudiantes dominen los aspectos teóricos y algunas habilidades experimentales,
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere conocer diferentes contenidos conceptuales,
- Considera que la formación de un profesor debe tener una componente científica sumada a una componente sobre estrategias de enseñanza,
- Considera que en la enseñanza de las ciencias prima la extensión de contenidos sobre la profundidad con que se tratan, así como que un programa puede aplicarse por igual a todos los estudiantes independientemente de la carrera que cursen. Sin embargo, manifiesta su neutralidad respecto a que la enseñanza de las ciencias es mejor cuando se tiene mucha práctica dada por la experiencia del trabajo con estudiantes.
- En cuanto a estrategias de enseñanza, considera que lo mejor es favorecer la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de laboratorio y la exposición algorítmica de ejercicios; igualmente considera que la eficacia de la enseñanza depende del tiempo disponible para explicar el contenido. De otra parte, es indiferente respecto a si una buena estrategia de enseñanza es aquella que favorece la memorización de conceptos, la operación de ejercicios y la manipulación en prácticas de laboratorio.
- En relación con la evaluación, considera que ésta ha de estar centrada en el aprendizaje de conceptos y de teorías, y en la resolución de guías de laboratorio. De igual forma, acepta que la evaluación debe darse al final de un proceso de enseñanza. Por el contrario, se muestra en desacuerdo respecto a que la evaluación debe favorecer la repetición de los conceptos que enseña el profesor y en relación a que la evaluación debe centrarse en identificar, para premiar o para sancionar, los aprendizajes logrados por los estudiantes
- En cuanto al ambiente de clase, considera que el profesor es el protagonista en el aula y que los estudiantes aprenden mejor cuando trabajan individualmente. Sin embargo, se muestra neutral respecto a si el profesor ha de suponer que un buen ambiente se da cuando los estudiantes escuchan en silencio las explicaciones del profesor y cuando el profesor programa y desarrolla las clases siempre en forma

individual.

En general puede decirse que Inés acepta la independencia que existe entre la enseñanza y el aprendizaje, que lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le comprendan, que los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, que un buen aprendizaje de las ciencias implica el conocimiento de una gran variedad de contenidos, que la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en el conocimiento de la materia a enseñar, que un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, que un curso se trata por igual independientemente de los estudiantes y de sus finalidades educativas, que el modelo prevalente de enseñanza de las ciencias debe ser el explicativo, que entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, que la evaluación debe identificar si los estudiantes refieren contenidos conceptuales tal y como se le explicaron, y que ésta ha de darse al final de una unidad, que el trabajo de los estudiantes debe ser preferentemente individual y que en todo caso, el profesor ha de ser el protagonista en el aula de clase.

CASO 4. PEDRO:

En general, podemos decir de Pedro antes de su participación en el Programa de Formación, que en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera el método científico por etapas pre-establecidas como vía para desarrollar una investigación científica,
- El conocimiento científico es la copia de la realidad,
- Se declara indeciso al considerar la observación como punto de partida en una investigación científica,
- Considera que el conocimiento científico es una explicación verdadera de la realidad,
- Considera que el conocimiento científico tiene un estatus definitivo y que una teoría cambia cuando en una teoría predecesora se han encontrado errores significativos,
- Considera que la observación científica es diferente de la observación cotidiana, y que en la primera no hay deformación en relación con lo que se está apreciando en la realidad,
- Considera que el experimento científico verifica si las hipótesis en una investigación son verdaderas o falsas,
- Considera que el conocimiento científico surge por el interés de estudiar hechos casuales manifestando una postura más próxima con la epistemología contemporánea al respecto,
- Manifiesta una postura más próxima a la epistemología contemporánea cuando se

sugiere que la ciencia inicia un nuevo problema a partir del interés de un investigador o de un grupo de investigadores sin necesidad de una fundamentación previa,

- Considera que las hipótesis sirven para verificar si una teoría científica es verdadera o falsa,
- Se declara indeciso respecto a si una investigación científica es adecuada cuando ésta se va desarrollando paso a paso no pasando al siguiente antes de culminar el que se aborda,
- Manifiesta una postura más próxima a la epistemología contemporánea cuando considera que una investigación científica no culmina cuando se resuelve la pregunta inicial.

En consecuencia podemos afirmar que las posiciones epistemológicas de Pedro se aproximan a posturas realistas, inductivistas y positivistas, cuando acepta el método científico como el método para orientar la investigación científica, que el conocimiento existe por fuera de nosotros y existe a priori en la realidad, que las teorías científicas son verdaderas si explican la realidad, que una teoría científica es definitiva cuando explica la verdad de la realidad, que la observación cotidiana es diferente de la observación científica y en ello radica la posibilidad de hacer ciencia, la ciencia estudia hechos casuales y novedosos de la realidad, y que una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad.

También ha sido posible identificar en Pedro algunas posturas más próximas a una epistemología contemporánea cuando acepta que se requiere de cierta fundamentación previa más que del puro interés para encarar un buen problema de investigación, y que una investigación no termina cuando se ha resuelto la pregunta orientadora.

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en Pedro que:

- Acepta que la ciencia surge de experimentos cruciales debidos a la experiencia y a hechos observacionales que llaman la atención,
- Considera que la ciencia persigue fundamentalmente desarrollar sus aspectos formales y matemáticos,
- Considera que la ciencia es realizada por personas con capacidades excepcionales,
- Considera que la ciencia es exacta y por tanto no posee un carácter tentativo,
- Considera que las teorías científicas contemporáneas son el resultado de la adición de muchas teorías aunque algunas actualmente se encuentran en desuso,
- Considera que las teorías científicas son las sumas de explicaciones verdaderas,
- Considera que el conocimiento científico progresa sin traumatismos,
- Considera que lo social no influye en la actividad científica,

- Se muestra en desacuerdo en cuanto a que la ciencia sólo es cosa de hombres

Se puede decir entonces que Pedro supone que la ciencia históricamente se ha dado por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, que el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, que quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas excepcionales, que la ciencia es exacta, que la historia de la ciencia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando a lo largo del tiempo, que un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, y que el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas.

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que Pedro:

- Se considera indiferente respecto a si antes de la instrucción, los estudiantes no tienen ninguna información en sus mentes,
- Considera que el aprendizaje es independiente de la enseñanza,
- Considera que el éxito del aprendizaje estriba en que el profesor domine los contenidos conceptuales de la materia que enseña.
- Considera que aprender ciencias implica que los estudiantes dominen los aspectos teóricos y algunas habilidades experimentales,
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere conocer diferentes contenidos conceptuales,
- Considera que la formación de un profesor debe tener una componente científica sumada a una componente sobre estrategias de enseñanza,
- Considera que en la enseñanza de las ciencias prima la extensión de contenidos sobre la profundidad con que se tratan. Se muestra en desacuerdo respecto a que la enseñanza de las ciencias es mejor cuando se tiene mucha práctica dada por la experiencia del trabajo con estudiantes y es indiferente respecto a si un curso de ciencias debe aplicarse por igual a estudiantes de diferentes carreras.
- En cuanto a estrategias de enseñanza, considera que lo mejor es favorecer la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de laboratorio y la exposición algorítmica de ejercicios; que es bueno aplicar estrategias para que los estudiantes aprendan a memorizar conceptos y estrategias de trabajo práctico, igualmente considera que la eficacia de la enseñanza depende del tiempo disponible para explicar el contenido.
- En relación con la evaluación, considera que ésta ha de estar centrada en el aprendizaje de conceptos y de teorías, y en la resolución de guías de laboratorio. De igual forma, acepta que la evaluación debe darse al final de un proceso de enseñanza. Por el contrario, se muestra en desacuerdo respecto a que la evaluación debe favorecer la repetición de los conceptos que enseña el profesor y se muestra

indiferente respecto a que la evaluación debe centrarse en identificar, para premiar o para sancionar, los aprendizajes logrados por los estudiantes.

- En cuanto al ambiente de clase, considera que el profesor es el protagonista en el aula y que el profesor siempre ha de programar y de desarrollar sus clases en forma individual. Sin embargo, se muestra neutral respecto a si el profesor ha de suponer que un buen ambiente se da cuando los estudiantes escuchan en silencio las explicaciones del profesor, cuando los estudiantes trabajan individualmente,

En general puede decirse que Pedro acepta la independencia que existe entre la enseñanza y el aprendizaje, que lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le comprendan, que los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, que un estudiante aprende una buena ciencia cuando conoce una gran variedad de teorías, que la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en el conocimiento de la materia a enseñar, que un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, que la enseñanza de las ciencias es una actividad práctica que se centra en explicar las teorías científicas, que una buena estrategia de enseñanza es aquella donde los estudiantes aprenden a repetir fácilmente los conceptos y las prácticas científicas, que entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, que la evaluación debe centrarse en la identificación de contenidos conceptuales en los estudiantes y que ésta ha de darse al final de una unidad, y que en todo caso, el profesor es el protagonista en el aula y los estudiantes han de estar siempre pendientes de lo que dice y hace el profesor.

4.1.2. Análisis general en torno a las características de la epistemología personal docente habitual de los profesores de ciencias

En general, puede decirse que hay un cierto consenso en las siguientes concepciones e ideas de los profesores que según el cuerpo teórico de esta investigación, corresponden a posturas habituales sobre la naturaleza de la ciencia, sobre la actividad científica, sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, sobre el currículo de ciencias y sobre el papel de la evaluación de los aprendizajes de las ciencias:

- Consideran que la investigación científica es un proceso que se realiza con etapas perfectamente preestablecidas siguiendo los pasos del método científico.

- El conocimiento científico es el resultado de copias de la realidad y por tanto es objetivo.
- El conocimiento científico es el resultado de explicaciones verdaderas de la realidad.
- La observación científica, al contrario de la observación cotidiana, implica que no haya ningún grado de deformación en relación con lo que se está viendo de la realidad.
- El experimento científico es una forma de determinar si las hipótesis de trabajo son verdaderas o son falsas.
- Las hipótesis se elaboran con el propósito de verificar si una teoría científica es verdadera o falsa.
- Se considera que la ciencia se produce a partir de experimentos cruciales que siguen un ideal empirista e inductivista.
- El principal motivo que impulsa la creación científica es el aspecto formal y el matemático.
- La ciencia es obra de unos pocos grandes genios.
- La ciencia no posee un carácter tentativo.
- Las teorías científicas actuales son el resultado de la adición de muchas teorías hechas en el pasado, algunas en desuso en la actualidad.
- Las teorías científicas actuales son el resultado de teorías correctas acumuladas a lo largo de la historia.
- El conocimiento científico progresa sin traumatismos, por tanto es perfecto.
- El contexto social no influye en la actividad científica.
- El aprendizaje es independiente de la enseñanza (la responsabilidad del estudiante es aprender y la del profesor es enseñar).
- Para favorecer el aprendizaje se requiere únicamente que el profesor conozca los contenidos conceptuales de la materia que enseña.
- Aprender ciencias implica el dominio de contenidos conceptuales y de algunas habilidades técnicas complementarias.
- Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere conocer una gran variedad de contenidos conceptuales.

- La formación inicial de un profesor de ciencias es el resultado de un modelo sumativo que suministra separadamente conocimientos sobre la materia a enseñar y conocimientos psicopedagógicos; la componente didáctica se considera sinónimo de las actividades prácticas del Profesor.
- En la enseñanza de las ciencias prima la extensión de contenidos sobre la profundidad con que se tratan.
- Las mejores estrategias de enseñanza son aquellas que favorecen la explicación del profesor, las lecturas de textos o de guías de prácticas de laboratorio, o la exposición algorítmica en la resolución de ejercicios.
- La eficacia de la enseñanza depende fundamentalmente del tiempo disponible para explicar el contenido.
- Una evaluación exitosa es aquella que está centrada en el aprendizaje memorístico de contenidos conceptuales y en la resolución operativa de ejercicios de lápiz y papel y de guías de laboratorio.
- La evaluación ha de ser terminal, es decir, es mejor verificar los aprendizajes de los estudiantes al final del proceso.
- El profesor es el protagonista en el aula: explica contenidos, ilustra técnicas para resolver problemas y demuestra resultados experimentales. El estudiante es un espectador que sigue las instrucciones del profesor.

También puede decirse que hay un cierto consenso en las siguientes concepciones e ideas de los profesores que según el cuerpo teórico de esta investigación, corresponden a posturas más acordes con los resultados de la investigación didáctica sobre la naturaleza de la ciencia, sobre la actividad científica, sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, sobre el currículo de ciencias y sobre el papel de la evaluación de los aprendizajes de las ciencias:

- Abordar una nueva situación en la ciencia no solo requiere el interés de un investigador o de un grupo de investigadores, es decir, se necesita de una fundamentación previa.

- Una investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, estos resultados por lo general son dinamizadores para la apertura a nuevas investigaciones derivadas de las anteriores.
- El trabajo científico es el resultado del aporte de muchos hombres y mujeres que han contribuido a la consolidación del conocimiento científico.
- La evaluación no puede limitarse a favorecer e los estudiantes la repetición de las explicaciones suministradas por el Profesor.

A manera de síntesis, podemos decir que los Profesores que han intervenido en esta investigación, antes de su incursión en el Programa de Formación previsto para favorecer su cambio didáctico, manifiestan en general, posturas epistemológicas realistas e inductivistas respecto a la ciencia y a la actividad científica, manifiestan una imagen distorsionada del desarrollo histórico del conocimiento científico suponiendo que se trata de la acumulación de teorías que han demostrado ser verdaderas, y manifiestan posturas espontáneas hacia la enseñanza, el aprendizaje de las ciencias, donde priman los modelo por transmisión verbal de conocimientos y por descubrimiento inductivo; la evaluación se percibe como devolución por parte de los estudiantes de las explicaciones suministradas por el profesor.

4.2. Resultados en torno a las características de la práctica docente habitual de los profesores de ciencias

Presentamos a continuación los aspectos más relevantes identificados en los profesores luego de las observaciones intencionadas efectuadas en algunas sesiones de trabajo de clase teórica y de clase experimental, observación que se realizó siguiendo el derrotero de la rejilla de observación elaborada para tal fin (R1). Dichas observaciones fueron realizadas durante las cuatro semanas previas a la incursión de los Profesores en el Programa de Formación. En el capítulo 3 de la presente memoria se indican en el numeral 3.2 las consecuencias contrastables relativas a una práctica docente habitual de los Profesores de Ciencias y en el numeral 3.3.2 la rejilla R1.

4.2.1. Resultados individuales en torno a las características de la práctica docente habitual de los profesores de ciencias

JOSE:

Evidenciando su trabajo en cursos teórico – prácticos de Química Analítica Instrumental, se aprecia que José es un profesor con un dominio profundo de esta rama de la Química y manifiesta actitudes rigurosas respecto a la forma como presenta a los estudiantes los contenidos: explica en detalle cada aspecto que se trata, ofrece a los estudiantes diversidad de ejercicios de aplicación que toma de varios libros de texto, entrega con anticipación a los estudiantes guías de laboratorio con el propósito que tengan ocasión de preparar la práctica correspondiente, propone contenidos para ser resueltos individualmente y luego para ser socializados por algún alumno pasando al tablero, acostumbra a dejar tareas que revisa en la primera parte de la clase siguiente e informa previamente a los estudiantes de los aspectos a tratar en las evaluaciones que según su opinión, se realizan al final de cada unidad temática. En general, en sus cursos prima el tratamiento de contenidos conceptuales; los contenidos procedimentales están enfocados a poner en práctica y a corroborar los contenidos conceptuales tratados previamente en clase de teoría. Como el curso en el que imparte es de cerca de 50 estudiantes, la clase teórica se da en un solo momento y la clase de laboratorio se reparte en dos grupos los cuales aplican las mismas guías solo que en momentos diferentes.

Examinando el programador del curso, se encuentran los siguientes aspectos significativos: organiza objetivos generales para el curso y objetivos generales para cada unidad temática a tratar. El conocimiento en Química Analítica Instrumental lo secuencia en contenidos temáticos; cada tema consta de un apartado teórico, de ejercicios de lápiz y papel de aplicación y de una o dos prácticas de laboratorio según el caso. Por cada sub-tema, se encuentra un objetivo. La metodología que se describe (y que se evidencia en la práctica) fundamentalmente está caracterizada por dos grandes estrategias: la del enfoque de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos y la del enfoque de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. El primer caso aplica para las clases teóricas y el segundo, principalmente para las clases de laboratorio.

Los instrumentos de evaluación que utiliza con los estudiantes principalmente son: pruebas de lápiz y papel de respuesta cerrada y de respuesta abierta sin soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, etc.), pruebas de lápiz y papel para elaboración de resúmenes, análisis de situaciones, etc. con soporte de material por parte de los estudiantes, solución de preguntas teóricas y procedimentales

contempladas en las guías de laboratorio, calificación de los informes de las prácticas de laboratorio realizadas, y trabajos adicionales que sugiere especialmente a estudiantes que no van muy bien en el curso. Las evaluaciones que también se aplican oralmente, especialmente al inicio de cada sesión de trabajo, enfatizan en identificar lo que el alumno puede repetir de los libros de textos o de las informaciones suministradas por el Profesor. La evaluación de ejercicios de lápiz y papel es mecánica; se trata que los estudiantes apliquen ciertos algoritmos en la resolución de ejercicios numéricos. En estos casos, José evalúa tanto los procedimientos seguidos como los resultados obtenidos.

Las guías de laboratorio se apoyan en el método científico clásico: sugieren a los estudiantes preparar el material que van a utilizar, propone la observación de hechos que deben ser el centro de atención a ser resuelto, ilustran procedimientos técnicos que deben seguir los estudiantes haciendo las advertencias debidas para evitar posibles accidentes o la obtención de resultados incongruentes, sugiere preguntas específicas que los estudiantes deben resolver haciendo la práctica, y solicita la elaboración de conclusiones que en todo caso han de privilegiar la conexión entre lo tratado en las clases de teoría y lo realizado en la práctica de laboratorio. En ningún caso de las guías de laboratorio revisadas y en las que hubo oportunidad de visitar personalmente, hay ocasión para que los estudiantes elaboren hipótesis sobre el tema o el problema a tratar. Igual sucede en las sesiones de trabajo de teoría.

En general podemos afirmar respecto a la rejilla de observación diseñada en la presente investigación:

- El profesor actúa como un portavoz de las comunidades científicas especializadas. Es el puente entre los científicos y los alumnos y por ello se predispone principalmente a presentar a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa, objetiva y comprensible posible: Sí.
- La evaluación procura ser objetiva, centrada en los contenidos suministrados por el profesor, en procura que ellos reproduzcan las explicaciones antes impartidas: Sí.
- La evaluación de actividades de los alumnos en forma de ejercicios, procura evidenciar las habilidades técnicas que emplean para dominar un mecanismo, una rutina o un sistema de resolución previamente explicado: Sí.
- La evaluación permite seleccionar estudiantes según su grado de asimilación de contenidos conceptuales, según sus habilidades para emplear técnicas de solución de ejercicios de lápiz y papel, y según sus habilidades para poner en práctica actividades de laboratorio: Sí. De hecho, de ello depende que el estudiante obtenga una valoración positiva o una valoración negativa tanto en cada unidad temática como en el curso en general.
- El método científico clásico, es el método de enseñanza que se sigue para que los alumnos descubran y asimilen conocimientos y técnicas científicas: Sí. Especialmente

esto se evidencia en el trabajo práctico de laboratorio.

- Las guías de trabajo que eventualmente el profesor pasa a sus estudiantes, favorecen el descubrimiento de conocimientos científicos aceptados y validados por las comunidades especializadas. Sí.
- En las actividades planeadas para favorecer el descubrimiento de conocimientos y técnicas científicas por parte de los estudiantes, siguen en general las siguientes rutinas: presentación del problema o del tema a estudiar, observación - identificación de variables – recogida de datos, postulación de una o varias hipótesis a partir de los datos recogidos, experimentos para comprobar las hipótesis formuladas, organización e interpretación de los resultados obtenidos en el experimento, síntesis de los resultados obtenidos – análisis del proceso seguido. Más o menos. Ni en clase de teoría ni en clase de laboratorio se sugiere la emisión de hipótesis por parte de los estudiantes. Los demás pasos se aplican generalmente.
- En las actividades planeadas para favorecer las explicaciones del profesor, se buscan conexiones entre la nueva información y los conocimientos previos de los estudiantes. Si el contenido a explicar es nuevo, no preocupa entablar dichas conexiones: No. Cada nuevo tema se ofrece como algo independiente. Eventualmente se cita algún tema tratado atrás con el ánimo de hacer alguna referencia pero no con la intencionalidad explícita de conectar conocimientos previos con nuevos conocimientos. Ello nos permite decir, que a la luz del cuerpo de conocimientos que orienta esta investigación, el modelo preferente es el de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos más que el de enseñanza por explicación significativa de conocimientos.
- Se da un mayor peso relativo al aprendizaje de los contenidos conceptuales de los alumnos que a las actividades prácticas que adelantan: Sí.

ADOLFO:

Evidenciando su trabajo en cursos teórico – prácticos de Química Orgánica y de Análisis Orgánico, se observa que Adolfo es un profesor con un dominio profundo de esta rama de la Química y manifiesta actitudes rigurosas respecto a la forma como presenta a los estudiantes los contenidos: explica en detalle cada aspecto que se trata, ofrece a los estudiantes diversidad de ejercicios de aplicación que toma de varios libros de texto, entrega con anticipación a los estudiantes diversas guías de laboratorio con el propósito que tengan ocasión de preparar y escoger la práctica que más les interese, en el caso del curso de análisis orgánico entrega “muestras problemas” que los estudiantes deben identificar en un cierto tiempo y para ello siguen diagramas de análisis que Adolfo entrega con anticipación a los estudiantes, propone contenidos para ser resueltos individualmente que luego verifica en una puesta en común presentada por él mismo, propone tareas extra – clase que

ocasionalmente revisa en las sesiones siguientes, e informa previamente a los estudiantes de los aspectos a tratar en las evaluaciones que siempre se realizan al final de cada unidad temática. En general, en sus cursos prima el tratamiento de contenidos conceptuales; los contenidos procedimentales están enfocados a poner en práctica y a corroborar los contenidos conceptuales tratados previamente en clase de teoría.

Examinando el programador del curso, se encuentran los siguientes aspectos significativos: organiza objetivos generales para el curso y objetivos generales para cada unidad temática a tratar. El conocimiento en Química Orgánica (de compuestos heterocíclicos) y de Análisis Orgánico lo secuencia en contenidos temáticos; cada tema consta de un apartado teórico, de ejercicios de lápiz y papel de aplicación y de prácticas optativas de laboratorio; sin embargo, en todo caso los estudiantes han de desarrollar un mínimo de trabajos de laboratorio. En el caso del curso de Análisis Orgánico el estudiante, que trabaja individualmente debe certificar un número mínimo de horas de trabajo en las aulas de laboratorio. Por cada sub-tema, se encuentra un objetivo. La metodología que se describe (y que se evidencia en la práctica) fundamentalmente está caracterizada por tres grandes estrategias: la del enfoque de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos, la del enfoque de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo, y la del enfoque de enseñanza por explicación significativa de conocimientos. El primer y el tercer caso aplican para las clases teóricas y el segundo, principalmente para las clases de laboratorio.

Los instrumentos de evaluación que utiliza con los estudiantes principalmente son: pruebas de lápiz y papel de respuesta cerrada y de respuesta abierta sin soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, etc.), pruebas de lápiz y papel para elaboración de resúmenes, análisis de situaciones, etc. con soporte de material por parte de los estudiantes, solución de "muestras problema", solución de preguntas teóricas y procedimentales contempladas en las guías de laboratorio, calificación de los informes de las prácticas de laboratorio realizadas, y trabajos adicionales que sugiere especialmente a estudiantes que no van muy bien en el curso. Las evaluaciones que también se aplican oralmente, especialmente al inicio de cada sesión de trabajo, enfatizan en identificar lo que el alumno puede repetir de los libros de textos o de las informaciones suministradas por el Profesor. La evaluación de ejercicios de lápiz y papel es mecánica; se trata que los estudiantes apliquen ciertos algoritmos en la resolución de ejercicios numéricos o en el seguimiento de procedimientos para analizar muestras problemas. En estos casos, Adolfo evalúa tanto los procedimientos seguidos como los resultados obtenidos.

Las guías de laboratorio se apoyan en el método científico clásico: sugieren a los estudiantes preparar el material que van a utilizar, propone la observación de hechos que deben ser el centro de atención a ser resuelto, ilustran procedimientos técnicos que deben seguir los estudiantes haciendo las advertencias debidas para evitar posibles accidentes o la obtención

de resultados incongruentes, sugiere preguntas específicas que los estudiantes deben resolver haciendo la práctica, y solicita la elaboración de conclusiones que en todo caso han de privilegiar la conexión entre lo tratado en las clases de teoría y lo realizado en la práctica de laboratorio. En ningún caso de las guías de laboratorio revisadas y en las que hubo oportunidad de visitar personalmente, hay ocasión para que los estudiantes elaboren hipótesis sobre el tema o el problema a tratar. Igual sucede en las sesiones de trabajo de teoría.

En general podemos afirmar respecto a la rejilla de observación diseñada en la presente investigación:

- El profesor actúa como un portavoz de las comunidades científicas especializadas. Es el puente entre los científicos y los alumnos y por ello se predispone principalmente a presentar a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa, objetiva y comprensible posible: Sí.
- La evaluación procura ser objetiva, centrada en los contenidos suministrados por el profesor, en procura que ellos reproduzcan las explicaciones antes impartidas: Sí.
- La evaluación de actividades de los alumnos en forma de ejercicios, procura evidenciar las habilidades técnicas que emplean para dominar un mecanismo, una rutina o un sistema de resolución previamente explicado: Sí.
- La evaluación permite seleccionar estudiantes según su grado de asimilación de contenidos conceptuales, según sus habilidades para emplear técnicas de solución de ejercicios de lápiz y papel, y según sus habilidades para poner en práctica actividades de laboratorio: Sí. De hecho, de ello depende que el estudiante obtenga una valoración positiva o una valoración negativa tanto en cada unidad temática como en el curso en general.
- El método científico clásico, es el método de enseñanza que se sigue para que los alumnos descubran y asimilen conocimientos y técnicas científicas: Sí. Especialmente esto se evidencia en el trabajo práctico de laboratorio.
- Las guías de trabajo que eventualmente el profesor pasa a sus estudiantes, favorecen el descubrimiento de conocimientos científicos aceptados y validados por las comunidades especializadas. Sí.
- En las actividades planeadas para favorecer el descubrimiento de conocimientos y técnicas científicas por parte de los estudiantes, siguen en general las siguientes rutinas: presentación del problema o del tema a estudiar, observación - identificación de variables – recogida de datos, postulación de una o varias hipótesis a partir de los datos recogidos, experimentos para comprobar las hipótesis formuladas, organización e interpretación de los resultados obtenidos en el experimento, síntesis de los resultados obtenidos – análisis del proceso seguido. Más o menos. Ni en clase de teoría ni en clase de laboratorio se sugiere la emisión de hipótesis por parte de los estudiantes. Los demás pasos se aplican generalmente.

- En las actividades planeadas para favorecer las explicaciones del profesor, se buscan conexiones entre la nueva información y los conocimientos previos de los estudiantes. Si el contenido a explicar es nuevo, no preocupa entablar dichas conexiones: Sí. Cada nuevo tema procura conectarse con el anterior. Se utilizan mapas conceptuales como herramienta para favorecer estas posibles conexiones.
- Se da un mayor peso relativo al aprendizaje de los contenidos conceptuales de los alumnos que a las actividades prácticas que adelantan: Sí.

INÉS:

Evidenciando su trabajo en cursos teórico – prácticos de Bioquímica, se observa que Inés es una profesora con un dominio profundo de esta rama de la Química y manifiesta actitudes rigurosas respecto a la forma como presenta a los estudiantes los contenidos: explica en detalle cada aspecto que se trata, ofrece a los estudiantes diversidad de ejercicios de aplicación que toma de varios libros de texto, entrega con anticipación a los estudiantes guías de laboratorio con el propósito que tengan ocasión de preparar la práctica correspondiente, propone contenidos para ser resueltos individualmente y luego para ser socializados por algún alumno pasando al tablero, acostumbra a dejar tareas que revisa en la primera parte de la clase siguiente e informa previamente a los estudiantes de los aspectos a tratar en las evaluaciones que según su opinión, se realizan al final de cada unidad temática. En general, en sus cursos prima el tratamiento de contenidos conceptuales; los contenidos procedimentales están enfocados a poner en práctica y a corroborar los contenidos conceptuales tratados previamente en clase de teoría. Como el curso en el que imparte es de cerca de 70 estudiantes, la clase teórica se da en un solo momento y la clase de laboratorio se reparte en cuatro grupos los cuales aplican las mismas guías solo que en momentos diferentes.

Examinando el programador del curso, se encuentran los siguientes aspectos significativos: organiza objetivos generales para el curso y objetivos generales para cada unidad temática a tratar. El conocimiento en Bioquímica lo secuencia en contenidos temáticos; cada tema consta de un apartado teórico, de ejercicios de lápiz y papel de aplicación y de una o dos prácticas de laboratorio según el caso. Por cada sub-tema, se encuentra un objetivo. La metodología que se describe (y que se evidencia en la práctica) fundamentalmente está caracterizada por dos grandes estrategias: la del enfoque de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos y la del enfoque de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. El primer caso aplica para las clases teóricas y el segundo, principalmente para las clases de laboratorio.

Los instrumentos de evaluación que utiliza con los estudiantes principalmente son: pruebas de lápiz y papel de respuesta cerrada y de respuesta abierta sin soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, etc.), pruebas de lápiz y papel para elaboración de resúmenes, presentación de memorias, análisis de

situaciones, etc. con soporte de material por parte de los estudiantes, solución de preguntas teóricas y procedimentales contempladas en las guías de laboratorio, calificación de los informes de las prácticas de laboratorio realizadas, y trabajos adicionales que sugiere especialmente a estudiantes que no van muy bien en el curso. La evaluación de ejercicios de lápiz y papel es mecánica; se trata que los estudiantes apliquen ciertos algoritmos en la resolución de ejercicios numéricos. En estos casos, Inés evalúa tanto los procedimientos seguidos como los resultados obtenidos.

Las guías de laboratorio se apoyan en el método científico clásico: sugieren a los estudiantes preparar el material que van a utilizar, propone la observación de hechos que deben ser el centro de atención a ser resuelto, ilustran procedimientos técnicos que deben seguir los estudiantes haciendo las advertencias debidas para evitar posibles accidentes o la obtención de resultados incongruentes, sugiere preguntas específicas que los estudiantes deben resolver haciendo la práctica, y solicita la elaboración de conclusiones que en todo caso han de privilegiar la conexión entre lo tratado en las clases de teoría y lo realizado en la práctica de laboratorio. En ningún caso de las guías de laboratorio revisadas y en las que hubo oportunidad de visitar personalmente, hay ocasión para que los estudiantes elaboren hipótesis sobre el tema o el problema a tratar. Igual sucede en las sesiones de trabajo de teoría.

En general podemos afirmar respecto a la rejilla de observación diseñada en la presente investigación:

- La profesora actúa como un portavoz de las comunidades científicas especializadas. Es el puente entre los científicos y los alumnos y por ello se predispone principalmente a presentar a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa, objetiva y comprensible posible: Sí.
- La evaluación procura ser objetiva, centrada en los contenidos suministrados por la profesora, en procura que ellos reproduzcan las explicaciones antes impartidas: Sí.
- La evaluación de actividades de los alumnos en forma de ejercicios, procura evidenciar las habilidades técnicas que emplean para dominar un mecanismo, una rutina o un sistema de resolución previamente explicado: Sí.
- La evaluación permite seleccionar estudiantes según su grado de asimilación de contenidos conceptuales, según sus habilidades para emplear técnicas de solución de ejercicios de lápiz y papel, y según sus habilidades para poner en práctica actividades de laboratorio: Sí. De hecho, de ello depende que el estudiante obtenga una valoración positiva o una valoración negativa tanto en cada unidad temática como en el curso en general.
- El método científico clásico, es el método de enseñanza que se sigue para que los alumnos descubran y asimilen conocimientos y técnicas científicas: Sí. Especialmente esto se evidencia en el trabajo práctico de laboratorio.
- Las guías de trabajo que eventualmente el profesor pasa a sus estudiantes, favorecen

el descubrimiento de conocimientos científicos aceptados y validados por las comunidades especializadas. Sí.

- En las actividades planeadas para favorecer el descubrimiento de conocimientos y técnicas científicas por parte de los estudiantes, siguen en general las siguientes rutinas: presentación del problema o del tema a estudiar, observación - identificación de variables – recogida de datos, postulación de una o varias hipótesis a partir de los datos recogidos, experimentos para comprobar las hipótesis formuladas, organización e interpretación de los resultados obtenidos en el experimento, síntesis de los resultados obtenidos – análisis del proceso seguido. Más o menos. Ni en clase de teoría ni en clase de laboratorio se sugiere la emisión de hipótesis por parte de los estudiantes. Los demás pasos se aplican generalmente.
- En las actividades planeadas para favorecer las explicaciones del profesor, se buscan conexiones entre la nueva información y los conocimientos previos de los estudiantes. Si el contenido a explicar es nuevo, no preocupa entablar dichas conexiones: Sí. Cada nuevo tema procura conectarse con temas tratados anteriormente. Inés emplea mapas conceptuales para enseñar ciertos contenidos de la Bioquímica y procura que en los cuadernos de clase de los estudiantes, construyan mapas sucesivos que den un hilo conductor a los diferentes contenidos conceptuales que se tratan a lo largo del curso. Ello nos permite decir, que a la luz del cuerpo de conocimientos que orienta esta investigación, los modelos preferentes utilizados por Inés en clase de teoría son el de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos y el de enseñanza por explicación significativa de conocimientos.
- Se da un mayor peso relativo al aprendizaje de los contenidos conceptuales de los alumnos que a las actividades prácticas que adelantan: Sí.

PEDRO:

Evidenciando su trabajo en cursos teórico – prácticos de Química Inorgánica, se observa que Pedro es un profesor con un dominio profundo de esta rama de la Química y manifiesta actitudes rigurosas respecto a la forma como presenta a los estudiantes los contenidos: explica en detalle cada aspecto que se trata, ofrece a los estudiantes diversidad de ejercicios de aplicación que toma de varios libros de texto, entrega con anticipación a los estudiantes guías de laboratorio con el propósito que tengan ocasión de preparar la práctica correspondiente, propone contenidos para ser resueltos individualmente y luego para ser socializados por algún alumno pasando al tablero, acostumbra a dejar tareas que revisa en la primera parte de la clase siguiente e informa previamente a los estudiantes de los aspectos a tratar en las evaluaciones que según su opinión, se realizan al final de cada unidad temática. En general, en sus cursos prima el tratamiento de contenidos conceptuales; los contenidos procedimentales están enfocados a poner en práctica y a corroborar los contenidos conceptuales tratados previamente en clase de teoría. Como el curso en el que imparte es de cerca de 60 estudiantes, la clase teórica se da en un solo momento y la clase de laboratorio se

reparte en dos grupos los cuales aplican las mismas guías solo que en momentos diferentes.

Examinando el programador del curso, se encuentran los siguientes aspectos significativos: organiza objetivos generales para el curso y objetivos generales para cada unidad temática a tratar. El conocimiento en Química Inorgánica lo secuencia en contenidos temáticos; cada tema consta de un apartado teórico, de ejercicios de lápiz y papel de aplicación y de tres prácticas de laboratorio. Por cada sub-tema, se encuentra un objetivo. La metodología que se describe (y que se evidencia en la práctica) fundamentalmente está caracterizada por dos grandes estrategias: la del enfoque de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos y la del enfoque de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. El primer caso aplica para las clases teóricas y el segundo, principalmente para las clases de laboratorio.

Los instrumentos de evaluación que utiliza con los estudiantes principalmente son: pruebas de lápiz y papel de respuesta cerrada y de respuesta abierta sin soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, etc.), pruebas de lápiz y papel para elaboración de resúmenes, análisis de situaciones, etc. con soporte de material por parte de los estudiantes, solución de preguntas teóricas y procedimentales contempladas en las guías de laboratorio, calificación de los informes de las prácticas de laboratorio realizadas, y trabajos adicionales que sugiere especialmente a estudiantes que no van muy bien en el curso. Las evaluaciones que también se aplican oralmente, especialmente al inicio de cada sesión de trabajo, enfatizan en identificar lo que el alumno puede repetir de los libros de textos o de las informaciones suministradas por el Profesor. La evaluación de ejercicios de lápiz y papel es mecánica; se trata que los estudiantes apliquen ciertos algoritmos en la resolución de ejercicios numéricos. En estos casos, Pedro evalúa tanto los procedimientos seguidos como los resultados obtenidos.

Las guías de laboratorio se apoyan en el método científico clásico: sugieren a los estudiantes preparar el material que van a utilizar, propone la observación de hechos que deben ser el centro de atención a ser resuelto, ilustran procedimientos técnicos que deben seguir los estudiantes haciendo las advertencias debidas para evitar posibles accidentes o la obtención de resultados incongruentes, sugiere preguntas específicas que los estudiantes deben resolver haciendo la práctica, y solicita la elaboración de conclusiones que en todo caso han de privilegiar la conexión entre lo tratado en las clases de teoría y lo realizado en la práctica de laboratorio. En ningún caso de las guías de laboratorio revisadas y en las que hubo oportunidad de visitar personalmente, hay ocasión para que los estudiantes elaboren hipótesis sobre el tema o el problema a tratar. Igual sucede en las sesiones de trabajo de teoría.

En general podemos afirmar respecto a la rejilla de observación diseñada en la presente investigación:

- El profesor actúa como un portavoz de las comunidades científicas especializadas. Es el puente entre los científicos y los alumnos y por ello se predispone principalmente a presentar a los alumnos los productos del conocimiento de la forma más rigurosa, objetiva y comprensible posible: Sí.
- La evaluación procura ser objetiva, centrada en los contenidos suministrados por el profesor, en procura que ellos reproduzcan las explicaciones antes impartidas: Sí.
- La evaluación de actividades de los alumnos en forma de ejercicios, procura evidenciar las habilidades técnicas que emplean para dominar un mecanismo, una rutina o un sistema de resolución previamente explicado: Sí.
- La evaluación permite seleccionar estudiantes según su grado de asimilación de contenidos conceptuales, según sus habilidades para emplear técnicas de solución de ejercicios de lápiz y papel, y según sus habilidades para poner en práctica actividades de laboratorio: Sí. De hecho, de ello depende que el estudiante obtenga una valoración positiva o una valoración negativa tanto en cada unidad temática como en el curso en general.
- El método científico clásico, es el método de enseñanza que se sigue para que los alumnos descubran y asimilen conocimientos y técnicas científicas: Sí. Especialmente esto se evidencia en el trabajo práctico de laboratorio.
- Las guías de trabajo que eventualmente el profesor pasa a sus estudiantes, favorecen el descubrimiento de conocimientos científicos aceptados y validados por las comunidades especializadas. Sí.
- En las actividades planeadas para favorecer el descubrimiento de conocimientos y técnicas científicas por parte de los estudiantes, siguen en general las siguientes rutinas: presentación del problema o del tema a estudiar, observación - identificación de variables – recogida de datos, postulación de una o varias hipótesis a partir de los datos recogidos, experimentos para comprobar las hipótesis formuladas, organización e interpretación de los resultados obtenidos en el experimento, síntesis de los resultados obtenidos – análisis del proceso seguido. Más o menos. Ni en clase de teoría ni en clase de laboratorio se sugiere la emisión de hipótesis por parte de los estudiantes. Los demás pasos se aplican generalmente.
- En las actividades planeadas para favorecer las explicaciones del profesor, se buscan conexiones entre la nueva información y los conocimientos previos de los estudiantes. Si el contenido a explicar es nuevo, no preocupa entablar dichas conexiones: No. Cada nuevo tema se ofrece como algo independiente. Eventualmente se cita algún tema tratado atrás con el ánimo de hacer alguna referencia pero no con la intencionalidad explícita de conectar conocimientos previos con nuevos conocimientos. Ello nos permite decir, que a la luz del cuerpo de conocimientos que orienta esta investigación, el modelo preferente es el de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos más que el de enseñanza por explicación significativa de conocimientos.

- Se da un mayor peso relativo al aprendizaje de los contenidos conceptuales de los alumnos que a las actividades prácticas que adelantan: Sí.

4.2.2. Análisis general en torno a las características de la práctica docente habitual de los profesores de ciencias

De acuerdo con las descripciones de las observaciones presentadas anteriormente, se presentan a continuación algunos aspectos comunes que tienen los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación, en cuanto a los esquemas de acción seguidos en su práctica docente antes de iniciar su participación en el programa de Actividades previsto para favorecer en ellos un cambio didáctico.

- Los contenidos que se abordan y que se evalúan con mayor énfasis son casi exclusivamente disciplinares.
- La evaluación tiene una finalidad marcadamente selectiva.
- El papel de los alumnos se relega a una actividad casi exclusivamente reproductiva.
- El profesor provee conocimientos elaborados.
- La metodología básica consiste en presentar conceptos claves de una cierta unidad temática, presentar posibles ejercicios – caso de aplicación, seguir prácticas de laboratorio relacionadas con el tema que se trata, evaluar a capacidad para resolver ejercicios de lápiz y papel, la definición correcta de conceptos, y la presentación de un adecuado informe de trabajo de laboratorio.
- Los conocimientos casi exclusivamente conceptuales, se presentan como saberes acabados. No se hace énfasis, ni se citan, aspectos de la historia de la química que puedan servir como referente para dar una imagen dinámica de la ciencia.
- Para la evaluación, se utilizan ejercicios repetitivos (problemas – tipo) dirigidos a que los estudiantes se familiaricen con técnicas para su resolución.
- El método científico es el método de enseñanza.

- El profesor facilita el descubrimiento de teorías científicas por parte de los alumnos a partir de actividades guiadas.
- Los mapas conceptuales se utilizan solamente como instrumento de evaluación.

En general puede decirse que los profesores universitarios de química, antes de su recorrido por el programa de Actividades previsto, no se les puede caracterizar como insertos en un modelo único de enseñanza, sino que reúnen rasgos del modelo de transmisión verbal y de descubrimiento autónomo.

CAPÍTULO V

OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA SU CONTRASTACIÓN

5. OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA SU CONTRASTACIÓN

En lo recorrido hasta ahora en la presente memoria, apoyados en la fundamentación basada en el cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, hemos identificado en el capítulo 3 un conjunto de consecuencias contrastables que nos permiten caracterizar la epistemología y la práctica docente habitual de profesores de ciencias. Derivado de estas consecuencias contrastables, se elaboró un cuestionario (Q1) y una Rejilla de observación (R1). En el capítulo 4 se han presentado y analizado los resultados respecto a las consecuencias contrastables definidas en el capítulo 3, con lo que hemos podido aproximarnos a dar respuesta a la primera hipótesis (H1) de esta investigación.

Con el fin de aproximarnos al cambio didáctico esperado en esta investigación, se presentan ahora en este capítulo las consecuencias contrastables y los instrumentos a utilizar para operativizar la segunda hipótesis (H2), las cuales, una vez aplicado el Programa de Actividades del Seminario en Didáctica de las Ciencias Experimentales, nos ayudarán a poner en evidencia los resultados obtenidos, aspecto que se abordará en el capítulo 6 de esta memoria.

A modo de introducción de este capítulo, pasamos a recordar el enunciado de la segunda hipótesis (H2):

Un programa de formación de profesores universitarios de química que les permita trabajar en equipos cooperativos e involucrarse en los resultados de la investigación y la innovación en didácticas las ciencias, facilitará en estos profesores un cambio didáctico entendido como un cambio en la epistemología y en la práctica docente, de manera que sus concepciones sobre la naturaleza de la química y sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química, sus actitudes hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y sus esquemas de acción previstos en relación con la actividad docente y con

un trabajo del aula, podrán estar más próximos a orientaciones didácticas de naturaleza constructivista.

Para tal efecto, se consideran en este capítulo las consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente coherente con la investigación actual (configurada por concepciones y actitudes más acordes con los resultados de la investigación didáctica por parte de los profesores de ciencias respecto a la ciencia y a la actividad científica, por las concepciones y actitudes más acordes con los resultados de la investigación didáctica hacia la historia de la ciencia y hacia sus implicaciones en la enseñanza de la ciencia, y por las concepciones y actitudes más acordes con los resultados de la investigación didáctica hacia la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en las ciencias), y con una práctica docente coherente con la investigación actual.

De igual forma, se presenta el cuestionario Q2 utilizado para la caracterización de la epistemología docente habitual y la rejilla de observación R2 de los esquemas de acción para evaluar los alcances de una práctica docente innovadora en los profesores analizados. Cada una de las partes del cuestionario Q2 (Q2-A, Q2-B y Q2-C) han servido además para orientar una entrevista seguida con cada uno de los profesores participantes, y cuyos resultados se utilizarán para analizar más en profundo los resultados obtenidos.

Partimos del supuesto que los cuatro profesores universitarios de química intervenidos van a cambiar su epistemología docente inicial y su práctica docente inicial debido al tratamiento consistente en su participación en un programa de actividades que en forma de seminario, ha abordado diferentes componentes del cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y cuyo resultado es debido a la investigación y a la innovación contemporánea en esta campo del conocimiento. El Programa de Actividades antes señalado será dirigido por el autor de esta memoria. Se espera que una evaluación de la epistemología docente de cada uno de los profesores, posterior al Seminario, de como resultado una mejora en su desarrollo profesional entendida ésta como aproximaciones a orientaciones constructivistas en la forma de pensar, de sentir y de actuar respecto a la

enseñanza de la química y respecto a la práctica docente. En tal sentido, la operativización de la segunda hipótesis consistirá en derivar las siguientes consecuencias generales (más adelante, en este mismo capítulo, se presentan las consecuencias contrastables específicas para abordar la segunda hipótesis (H2), es decir, las relacionadas con la epistemología y la práctica docente innovadora):

- Es posible elaborar un diseño de un Programa de Actividades consistente en un Seminario de orientación constructivista para abordar el cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, con unos objetivos, contenidos y metodología de tipo colaborativa y cooperativa, basada en mostrar y vivenciar el modelo de aprendizaje como investigación orientada.
- La aplicación de este Programa de Actividades a un grupo de profesores universitarios de química interesados en la innovación en la enseñanza de las ciencias, logrará los cambios esperados en su epistemología personal y en sus prácticas docentes.

En consecuencia, se presentan inicialmente las consecuencias contrastables del Programa de Actividades (correspondientes a un programa eficaz de formación de profesores de ciencias) y posteriormente las consecuencias contrastables derivadas (propias de una epistemología y práctica docente innovadora)

5.1. Consecuencias contrastables del Programa de Actividades a seguir con los profesores que intervendrán en esta investigación.

Se presentan en este apartado las características del Seminario de Formación del profesorado universitario de química que se va a seguir en esta investigación.

- a. Se tratará de un programa de formación basado en el modelo de enseñanza y aprendizaje centrado en la investigación orientada.

- b. Se tratará de un programa de investigación dirigido a la formación didáctica de los Profesores que da énfasis al trabajo cooperativo desde la planeación y hasta las actividades de síntesis en diferentes unidades didácticas (Pozuelos, 1997).
- c. Se tratará de un programa que explícitamente intenta desarrollar en los profesores cambios didácticos entendidos estos como cambios conceptuales, cambios metodológicos y cambios actitudinales hacia la actividad científica y hacia la enseñanza de la ciencia. Se comprende para los efectos de este programa, que los cambios didácticos se dan a nivel de cambios en la epistemología docente y cambios en la práctica docente. Los cambios en la epistemología docente tienen que ver con cambios conceptuales y con cambios actitudinales, y los cambios en la práctica docente se evalúan a través de cambios metodológicos, en este caso en la enseñanza de la ciencia. En particular se puede decir que los cambios conceptuales a su vez recogen cambios en las concepciones de los profesores, en cuanto a la ciencia y la actividad científica, al papel de la historia de la ciencia en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y a las concepciones sobre enseñanza-aprendizaje de las ciencias; en el caso de la historia de la ciencia se abordan no solo sus impactos en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias, sino también como ésta se constituye en herramienta útil para desarrollar interpretaciones en torno a la filosofía de la ciencia.
- d. Se tratará de un “programa eficaz” para la formación de profesores a la luz de los resultados de la investigación y la innovación contemporánea en Didáctica de las Ciencias (Furió y Carnicer, 2002), dado que éste se estructurará con las siguientes características curriculares:
- El programa estará planificado para abordar las diferentes problemáticas en conexión con las situaciones cotidianas que se presentan para los profesores participantes en su práctica docente.
 - El programa procurará conocer y cuestionar el pensamiento, las actitudes y los comportamientos docentes espontáneos en la perspectiva de favorecer

la reflexión didáctica y donde se cuestiona el carácter natural de la enseñanza.

5.2. Consecuencias contrastables relativas a la epistemología personal docente de los Profesores de Ciencias coherente con la Investigación actual

Tomando como referencia el trabajo de investigación reportado en Mosquera (2001), serán analizadas las diferentes consecuencias contrastables asociadas con la epistemología personal docente innovadora:

- Énfasis en concepciones constructivistas caracterizadas por el papel de las hipótesis y la flexibilidad en lo que tiene que ver con la concepción del mundo y con la manera como los seres humanos elaboramos conocimientos. En general, este punto de vista se asume desde una posición filosófica constructivista de tal forma que el conocimiento es una construcción que nos proporciona modelos alternativos para interpretar la realidad aunque dichos modelos no son parte de la realidad (Pozo y Gómez Crespo, 2000)
- Énfasis en una concepción de ciencia concebida como un campo de conocimiento en permanente construcción, cuyo desarrollo no es lineal ni acumulativo, y cuya actividad no siempre conduce a resultados infalibles y exitosos.
- En cuanto a lo que tiene que ver con actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, el currículo, la evaluación y los procesos de formación de profesores, se tienen en cuenta las predisposiciones y grados de valoración que los docentes conceden a puntos de vista próximos a los planteamientos contemporáneos elaborados desde la investigación en Didáctica de las Ciencias.

Al igual que lo que se planteó en el Capítulo 3, cada una de las consecuencias contrastables previstas en esta investigación se asume con convenciones, de

tal forma que para las consecuencias contrastables más próximas a posturas derivadas de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias en relación con una docencia innovadora nos referiremos como CCI. El número indica un orden para estas concepciones, aclarando que éste no hace referencia a un orden de importancia sino simplemente a un criterio para su organización, lo cual será muy importante a la hora del análisis de los resultados obtenidos.

5.2.1. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la actividad científica desde la perspectiva de una docencia innovadora.

En relación con las concepciones y actitudes innovadoras sobre la ciencia y sobre la actividad científica que podrían manifestar los profesores de ciencias, las siguientes son las consecuencias contrastables previsibles desde posturas filosóficas constructivistas, hipotéticas y flexibles sobre el conocimiento científico:

Aspectos particulares que salen al paso a visiones empiristas y ateóricas de la ciencia y de la actividad científica:

CCI1. Consideración de una concepción de ciencia entendida como un proceso complejo donde intervienen diferentes variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos, y desde donde se interactúa con la realidad con el propósito no de descubrir conocimientos velados de la naturaleza sino de transformar nuestros conocimientos sobre ella. Así las cosas, dependiendo del problema a resolver, existen múltiples caminos para abordar un proceso de investigación científica; en consecuencia la actividad científica no se acompaña de un conjunto de pasos rígidos, caracterizados por puntos de partida y puntos de llegada perfectamente preestablecidos a la manera de un esquema teleológico y unidireccional.

CCI3. En la investigación científica, la observación no es neutral, por el contrario, depende de marcos conceptuales explicativos ya establecidos en la estructura cognitiva de quien resuelve una situación problemática de interés.

CCI9. El conocimiento científico se fundamenta en teorías y en consecuencia se hace necesario que los investigadores revisen el trabajo elaborado por ellos mismos y por otros investigadores, de forma que sirva de referente para los propósitos de una nueva investigación.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones rígidas de la ciencia y de la actividad científica:

CCI4. El conocimiento científico es una construcción permanente y provisional en relación con aspectos propios de la realidad natural y social. Ello implica que las teorías científicas que se desarrollan producto del progreso en la investigación científica, son siempre provisionales y por tanto, no constituyen en sí mismas la realidad.

CCI5. El conocimiento científico tiene un estatus temporal, de manera que los conceptos y las teorías asociadas con ellos cambian y se desarrollan permanentemente, lo que implica cambios en las concepciones que desde el mundo de la ciencia se pueden hacer sobre la realidad natural o social. Las explicaciones sobre la realidad cambian en la medida en que los cuerpos de conocimiento elaborados desde teorías científicas así también lo van haciendo.

CCI11. La investigación científica se considera adecuada cuando producto de las revisiones necesarias (contrarias a ordenamientos teleológicos), se va encontrando coherencia entre la concepción teórica que fundamenta la situación problemática y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones aproblemáticas y ahistóricas:

CCI8. El conocimiento científico surge por el interés de solucionar por parte de las comunidades científicas (que son sub-culturas académicas), situaciones problemáticas de interés. Las respuestas (conceptuales o prácticas) a dichas situaciones, son en muchas ocasiones una alternativa para dar respuestas a necesidades sentidas por las sociedades en general (cultura).

CCI10. Las hipótesis científicas son soluciones tentativas a problemas planteados y precisados en una investigación.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones exclusivamente analíticas:

CCI6. En la observación de la realidad es imposible evitar algunos sesgos que puede introducir el observador.

CCI7. El experimento científico hace parte de las estrategias diseñadas para poner a prueba las hipótesis concebidas como soluciones tentativas ideadas para resolver problemas de interés científico.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones acumulativas, lineales:

CCI12. Una investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, estos resultados por lo general son dinamizadores para la apertura a nuevas investigaciones derivadas de las anteriores.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones de sentido común:

CCI2. El conocimiento científico es el resultado de la interacción entre el sujeto en actitud cognoscente y la realidad, de manera que los resultados alcanzados se expresan a través de modelos alternativos al conocimiento de sentido común. En otras palabras, el conocimiento científico es producto de la interacción entre las personas que exploran la naturaleza a partir de cuerpos de conocimientos progresivamente elaborados por comunidades científicas especializadas y la realidad natural o social que se problematiza y estudia.

5.2.2. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de una docencia innovadora.

En relación con las concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias, cabe destacarse un conjunto de características cercanas a posturas historicistas muy próximas a consideraciones de cómo funcionan en realidad las comunidades científicas.

Las siguientes son algunas de las consecuencias que se consideran en la presente investigación (Traver 1996, Mosquera 2000):

Aspectos particulares que salen al paso a visiones empiristas y ateóricas de la ciencia y de la actividad científica:

CCI13. Se considera que la ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos. En general, desde esta perspectiva, el avance de la ciencia se da en gran medida por rupturas débiles o fuertes entre modelos teóricos más recientes respecto a modelos del sentido común o respecto a modelos teóricos anteriores.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones rígidas de la ciencia y de la actividad científica:

CCI20. Debemos recordar en primer lugar, que los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un cierto contexto cultural y por tanto hacen parte de una sociedad; en segundo lugar buena parte de los problemas de investigación a tratar desde el conocimiento científico son el resultado de intereses sociales, políticos, económicos, etc.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones aporéticas y ahistóricas:

CCI14. La ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y del equilibrio natural y físico, abordando problemas de interés que ayuden a solucionar diversos aspectos aunque muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)

Aspectos particulares que salen al paso a visiones exclusivamente analíticas:

CCI18. La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones acumulativas, lineales:

CCI16. Los resultados obtenidos por la investigación científica, tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.

CCI17. Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas respecto a teorías anteriores.

Aspectos particulares que salen al paso a visiones de sentido común:

CCI15. La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica, y que a lo largo de la historia de la humanidad han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas de los mismos, procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.

CCI19. En el difícil y espinoso camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.

CCI21. A lo largo de la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia, especialmente desde cuando las sociedades han favorecido mayores espacios para su educación y participación en las diversas actividades el mundo del trabajo.

.

5.2.3. Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica desde la perspectiva de una docencia innovadora.

En cuanto a concepciones próximas a la investigación y la innovación educativa contemporánea, se consideran las siguientes consecuencias contrastables en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación (Mosquera 2000, 2000-b):

CCI22. Se admite un *status* a los conocimientos y destrezas de los alumnos antes de la instrucción.

CCI23. Entre el aprendizaje y la enseñanza (entendida ésta última como ayuda para el aprendizaje) hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.

CCI24. Para favorecer el aprendizaje se requiere por parte del profesor conocer, además de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña (conocimientos disciplinares y conocimientos metadisciplinares), conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar (conocimientos didácticos).

CCI25. Aprender ciencias implica el dominio de contenidos conceptuales (teorías y conceptos que las estructuran), de contenidos metodológicos (relacionados con los modos de producción, estrategias y técnicas propios de los conocimientos científicos), y de contenidos actitudinales (relacionados con las predisposiciones que caracterizan a una persona cuando aborda problemas desde los conocimientos científicos y con los modos de relación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente). El dominio de estas tres clases de contenidos favorece el desarrollo de una cultura científica.

CCI26. Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de unos cuantos contenidos fundamentales (conceptuales, metodológicos y actitudinales) abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.

CCI27. La formación inicial o permanente de un profesor de química corresponde a una investigación didáctica dirigida que favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada y que parte de la consideración de las ideas espontáneas docentes y de los problemas a los que habitualmente nos enfrentamos los Profesores de Ciencias; ello implica tener en cuenta los conocimientos derivados de la investigación y la innovación Didáctica, los conocimientos derivados de la investigación en la materia a enseñar y las metodologías propias que favorecen la construcción de conocimientos didácticos.

CCI28. En relación con contenidos y actividades, desde concepciones docentes próximas a la investigación y la innovación más acorde con los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias se destacan las siguientes ideas: a') En la enseñanza de las ciencias prima la profundidad de contenidos sobre su extensión, b') La enseñanza de las ciencias es una actividad práctica teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias (la práctica puede ser innovadora a lo largo de todo el proceso) y, c') El programa curricular se selecciona y se adapta según los niveles cognitivos y los intereses de los estudiantes.

CCI29. En relación con estrategias didácticas, desde el punto de vista de una docencia próxima a la investigación contemporánea en didáctica de las ciencias, se tiene a') Estrategias que favorecen el tratamiento científico de situaciones problémicas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio, b') Estrategias que favorecen el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos y, c') La eficacia de la enseñanza depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y su calidad implica conceder "un tiempo propio" que necesariamente deben invertir los estudiantes.

CCI30. En relación con la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje, desde la didáctica contemporánea de las ciencias se considera que: a') La evaluación contribuye a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor (herramienta para la autorregulación de los aprendizajes y de las enseñanzas), b') Evaluación como instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo, c') Evaluación centrada en el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio y, d') Evaluación continua a lo largo del proceso.

CCI31. En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, desde posturas cercanas a la investigación en Didáctica de las Ciencias, se considera que: a') Para un adecuado aprendizaje los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula (participación activa de

profesores y estudiantes en el proceso de enseñanza – aprendizaje), b') El trabajo de los estudiantes ha de realizarse en pequeños grupos cooperativos, c') El profesor y los estudiantes son protagonistas en el aula: abordan pequeñas investigaciones dirigidas por el profesor (que implican abordar reflexivamente sesiones teóricas, prácticas de laboratorio y resolución de problemas) y los estudiantes actúan como “investigadores noveles” y, d') El profesor aborda su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo.

5.3. Consecuencias contrastables relativas a la práctica docente innovadora de los Profesores de Ciencias.

A continuación se describen algunas situaciones que en la práctica pueden identificarse en los profesores de ciencias, si éstas se encuentran relacionadas con modelos innovadores en la enseñanza de las ciencias:

CCI32. Se procura el desarrollo de estrategias basadas en conflictos empíricos o teóricos que permitan sustituir algunos conocimientos previos de los alumnos. Se persigue que los estudiantes se aproximen a un aprendizaje de las ciencias mediante elaboración de teorías más explicativas, compatibles con las elaboradas en el campo de las ciencias.

CCI33. Una situación didáctica que permita la sustitución de unos conocimientos por otros, es más o menos la siguiente: 1) el alumno debe sentirse insatisfecho con sus propias concepciones, 2) Debe haber una concepción que resulte inteligible para el alumno, 3) Esa concepción debe resultar además creíble para el alumno, 4) la nueva concepción debe parecer al alumno más potente que sus propias ideas. (Posner, Strike, Hewson, Gertzog, 1982).

CCI34. En la evaluación, se trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión.

CCI35. Otra manera de enseñar ciencias, es secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos.

CCI36. Los problemas que se abordan son situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.

CCI37. Se desarrollan programas de actividades (Gil et al, 1991; Duschl y Gitomer, 1991) basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles estrategias de solución del problema, planificando su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5) Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo.

CCI38. Se presenta una amplia diversidad metodológica. Entre las actividades más desarrolladas, destacan: búsqueda de aplicación de los conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones, enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus

compañeros, de las explicaciones del profesor y de las evaluaciones recibidas (Glynn y Duit, 1995).

CCI39. Se concede énfasis a que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas.

CCI40. El profesor debe ejercer papeles diversos: debe guiar las indagaciones de los alumnos, exponer alternativas, inducir o generar contra argumentos, promover la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc. (Pozo y Carretero, 1992)

5.4. Consecuencias contrastables relativas a la inmersión en la investigación didáctica por parte de los profesores intervenidos en esta investigación.

Se espera, luego de la participación en el programa eficaz previsto, que los profesores universitarios de química intervenidos no solo desarrollen una enseñanza de las ciencias coherente con las expectativas de la investigación contemporánea en didáctica de las ciencias, sino que vayan aproximándose a realizar investigación didáctica, todo ello como prueba del cambio didáctico esperado.

5.5. Diseños experimentales utilizados para la contrastación de la segunda hipótesis

Una vez definidas las consecuencias contrastables asumidas para el tratamiento experimental de la segunda hipótesis (H2), se presentan a continuación los cuestionarios utilizados para la caracterización del conjunto de conocimientos y actitudes que engloban una epistemología personal docente innovadora, así como la rejilla de observación seguida para identificar los esquemas de acción propios de una práctica docente innovadora por parte de los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación.

5.5.1. Cuestionario para la caracterización de la epistemología docente innovadora de los profesores de ciencias.

Para la caracterización de la epistemología docente innovadora de los profesores universitarios de química intervenidos, se aplicó el Cuestionario Q2. Dicho cuestionario se ha venido aplicando en otros trabajos desarrollados por el autor de esta memoria, como parte de una investigación institucional adelantada en la Universidad Distrital de Bogotá (Colombia).

5.5.1.1. Concepciones y actitudes innovadoras sobre la ciencia y sobre la actividad científica.

Se presenta a continuación el conjunto de preguntas que hacen parte del cuestionario Q2 y que tiene como propósito caracterizar las concepciones y actitudes innovadoras sobre la ciencia y sobre la actividad científica de los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación (Cuestionario Q2-A).

Cuestionario Q2-A. Caracterización de la epistemología docente innovadora.

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

1. La investigación científica es un proceso complejo donde, con el ánimo de resolver problemas de investigación, se diseñan y desarrollan diferentes variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. En consecuencia, existen múltiples metodologías y estrategias para resolver un problema de interés para el conocimiento científico.

2. Los conocimientos acerca del mundo son producto de nuestras interacciones entre cuerpos de conocimientos progresivamente elaborados por las comunidades científicas especializadas que nos sirven de soporte y de fundamentación, y la porción de una realidad natural o social que se problematiza y estudia.
3. La observación no es neutral, pues depende de nuestros conocimientos e ideas previas.
4. El conocimiento científico siempre está en permanente construcción y por tanto tiene el carácter de provisional y no constituye en sí mismo la realidad.
5. Dado que las teorías científicas se desarrollan permanentemente, nuestras concepciones sobre el mundo no son siempre las mismas.
6. En la observación de la realidad es imposible evitar algunas deformaciones que puede introducir el observador, dependiendo de sus ideas, experiencias y conocimientos previos.
7. El experimento científico hace parte de las estrategias que ponemos en marcha en un proceso de investigación científica, incluye el desarrollo de habilidades técnicas para su ejecución y nos ayuda a plantear nuevos problemas de estudio o a validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías científicas.
8. El conocimiento científico surge por el interés de las comunidades científicas de solucionar situaciones problemáticas que emergen del mundo natural o social o de las ideas propias de dichas comunidades. Las respuestas a dichas situaciones, son en muchas ocasiones, una alternativa para dar respuesta a las necesidades de las personas en general.
9. El conocimiento científico se fundamenta en teorías científicas y por tanto los científicos revisan el trabajo que ellos mismos u otros elaboran al momento de emprender la tarea de solución de problemas.
10. Las hipótesis científicas nos ayudan a evaluar la coherencia entre los objetos de estudio, la teoría, las metodologías seguidas en forma de técnicas y estrategias y los resultados alcanzados.
11. Una investigación científica se considera adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre una concepción teórica que

fundamenta la situación problemática y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.

12. La investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, estos resultados por lo general son dinamizadores para la apertura a nuevas investigaciones derivadas de las anteriores.

5.5.1.2. Concepciones y actitudes innovadoras sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.

Se presenta a continuación el conjunto de preguntas que hacen parte del cuestionario Q2 y que tiene como propósito caracterizar las concepciones y actitudes innovadoras sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias, manifestadas por los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación (Cuestionario Q2-B).

Cuestionario Q2-B. Caracterización de la epistemología docente innovadora.

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

13. La ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos. Por tanto, el avance de la ciencia se debe en gran medida a rupturas débiles o fuertes entre modelos teóricos más recientes respecto a modelos del sentido común o respecto a modelos teóricos anteriores.
14. La ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y a la preservación de un equilibrio dinámico entre lo natural, lo físico y lo social, abordando problemas de interés que ayudan a solucionar diversos aspectos. Sin embargo, muchas veces sus

resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)

15. La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica que a lo largo de la historia han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas, procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.
16. Los resultados obtenidos por la investigación científica tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.
17. Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello indica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas y avances respecto a teorías anteriores.
18. La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.
19. En el difícil y espinoso camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.
20. Los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un contexto cultural y por tanto son parte de la sociedad. Buena parte de los problemas de investigación que aborda la investigación científica surgen de intereses sociales, políticos, económicos, etc.
21. Gracias a la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia.

5.5.1.3. Concepciones y actitudes innovadoras sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica.

Se presenta a continuación el conjunto de preguntas que hacen parte del cuestionario Q2 y que tiene como propósito caracterizar las concepciones y actitudes habituales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la educación científica, manifestadas por los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación (Cuestionario Q2-C).

Cuestionario Q2-C. Caracterización de la epistemología docente habitual.

Señor(a) Profesor(a):

Lea con atención cada una de las siguientes afirmaciones. Puntúe cada una de ellas con una escala de 1 a 5, donde cada puntuación corresponde a lo cercano que una afirmación le describa a usted:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Sin opinión (se declara neutro)
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

- 22. Incluso antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes poseen ideas, conocimientos y destrezas.
- 23. Entre el aprendizaje y la enseñanza (entendida ésta última como ayuda para el aprendizaje) hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.
- 24. Para favorecer el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes, se requiere por parte del profesor conocer, además de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña, conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar.
- 25. Aprender ciencias implica tener cambios concientes en el dominio de contenidos

conceptuales (conceptos, teorías y principios), de contenidos metodológicos (modos de producción, estrategias y técnicas propios de la ciencia), y de contenidos actitudinales (predisposiciones de la persona hacia la ciencia, el aprendizaje de la ciencia y las implicaciones sociales de la ciencia).

26. Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de unos cuantos contenidos fundamentales de la ciencia abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.
27. La formación inicial y continuada de un profesor de química es una investigación didáctica ya que para enseñar, deben aprenderse cuerpos de conocimientos, actitudes y procedimientos acerca de cómo enseñar.
28. a') La comprensión de los conocimientos científicos exige tiempo y tratamientos en profundidad. Es necesario, pues, seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que es importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de las ciencias y no proporcionan conocimientos durables.
b') La enseñanza de las ciencias es una actividad práctica y teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Dicha práctica puede ser innovadora a lo largo de todo el proceso.
c') Una secuencia de contenidos científicos debe seleccionarse y adaptarse según los niveles cognitivos y los intereses de los estudiantes.
29. a') Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor es capaz de desarrollar estrategias que favorecen el tratamiento científico de situaciones problemáticas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.
b') Una buena estrategia de enseñanza de las ciencias debiera favorecer el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos.
c') La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y su calidad implica conceder "un tiempo propio" que necesariamente deben invertir los estudiantes.
30. a') Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe contribuir a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor.
b') La evaluación debe servir como instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo.

- c') La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe centrarse en la identificación del aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio.
- d') La evaluación, debe ser continua a lo largo de todo el proceso.

31. a') Para un adecuado aprendizaje de las ciencias, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula.
- b') En clases de ciencias, el trabajo de los estudiantes ha de realizarse preferentemente en pequeños grupos cooperativos.
- c') Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en las clases de ciencias, el profesor y los estudiantes deben ser los protagonistas en el aula para abordar pequeñas investigaciones dirigidas.
- d') El profesor debe abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo donde han de participar otros colegas.

5.5.2. Rejilla de observación para la caracterización de esquemas de acción innovadores en la práctica docente.

Se presenta a continuación el conjunto de situaciones que hacen parte de la rejilla de observación R2 y que tiene como propósito guiar la observación de posibles esquemas de acción innovadores que en la práctica docente desarrollan los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación.

Rejilla de Observación R2. Guía de observación de profesores de ciencias sobre los esquemas de acción innovadores que siguen en el aula de clase y en el aula de laboratorio

32. El profesor procura el desarrollo de estrategias basadas en conflictos empíricos o teóricos que permiten sustituir algunos conocimientos previos de los alumnos. Intenta que los estudiantes se aproximen a un aprendizaje de las ciencias mediante elaboración de sus propias teorías, compatibles con las elaboradas en el campo de las ciencias.
33. La evaluación procura identificar si los alumnos han logrado transformar unos conocimientos por otros, de tal forma que sus nuevos conocimientos parezcan a los alumnos más potentes que sus propias ideas.

34. La evaluación trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión.
35. Una manera de enseñar ciencias, es secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos.
36. No se utiliza ni implícita ni explícitamente un método científico único. Por el contrario, se parte de problemas que se abordan como situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.
37. Se desarrollan programas de actividades basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles estrategias de solución del problema, planificando su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5) Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo.
38. Para el desarrollo de actividades, el profesor emplea una amplia diversidad metodológica. Entre las actividades más desarrolladas, destacan: búsqueda de aplicación de los conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones, y enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus compañeros, de las explicaciones del profesor y de las

evaluaciones recibidas.

39. En las actividades planeadas por el profesor, se concede énfasis a que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas.
40. El profesor ejerce papeles diversos: guía las indagaciones de los alumnos, expone alternativas, induce o genera contra argumentos, promueve la explicitación de los conocimientos, su redescipción en lenguajes o códigos más elaborados, etc.

Los ítems del cuestionario Q2 (Q2-A, Q2-B y Q2-C), se emplearán al finalizar el Programa de Actividades, como referente para adelantar una entrevista personal con cada uno de los profesores universitarios de química participantes. Lo anterior para procurar corroborar los posibles cambios didácticos que pueda generar la aplicación del Programa de Actividades.

5.6. Programa de formación de profesores seguido para promover el cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química.

En el Anexo 1 se muestra el Programa de Formación seguido durante esta investigación con el propósito de favorecer los cambios didácticos esperados.

A continuación se describe la secuencia seguida en el desarrollo de dicho programa:

1. Introducción del programa: Procura conectar con algunos problemas que plantea la práctica docente, para ello se hará la identificación y el análisis crítico de problemas frecuentes a los que nos enfrentamos los profesores de ciencias en nuestra práctica docente cotidiana, es decir, problemas en el aula de clase, problemas en el aula de laboratorio y problemas de centro que podrían constituirse en obstáculos para nuestro desarrollo profesional. Así mismo en la introducción desarrolla un análisis crítico de algunos resultados obtenidos en investigaciones sobre formación de profesores de ciencias en la perspectiva de identificar y hacer explícitas nuestras propias concepciones

sobre la enseñanza, el aprendizaje y el currículo de ciencias. Aquí se tiene la ocasión de mostrar algunos resultados que sobre el aprendizaje de las ciencias se han obtenido con estudiantes que se forman como futuros profesores de química que en una investigación preliminar (Mosquera, 2001) se han encontrado. Se considera este aspecto de trascendental importancia, pues la mayoría de los estudiantes participantes en la investigación antes señalada, han sido o son en la actualidad alumnos de los profesores de química participantes de este programa experimental de formación docente.

De otra parte, en la introducción se hace un análisis histórico del desarrollo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, en la perspectiva de evidenciar la conformación de este campo de conocimientos como un novedoso y fructífero cuerpo teórico en el ámbito de la Educación. Este análisis no se hace usando metodologías de transmisión de nuevos conocimientos sino adelantando mediante investigación orientada, estudios detallados de los diferentes modelos de enseñanza, sus características, sus condiciones y el análisis preferencial que los profesores hacen en relación con el mismo.

2. La primera parte del programa tiene como propósito fundamental resolver la pregunta **¿Qué hemos de conocer los Profesores de Ciencias?** Se orienta al grupo de profesores para abordar esta pregunta desde diferentes perspectivas para al final, hacer síntesis de ellas. En particular los aspectos tratados son: Conocimientos sobre la materia a enseñar incluyendo en este punto, perspectivas relacionadas con la naturaleza del conocimiento científico (epistemología de la ciencia) y con el conocimiento sobre la historia de las ciencias y su impacto en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Como elementos constituyentes de la metodología utilizada, se plantean problemas abiertos de entrada, se discuten diferentes tópicos, se analiza la información allegada por diferentes vías (artículos, libros de texto, tesinas, tesis, resúmenes analíticos, etc.), se hacen análisis y se obtienen conclusiones grupales.

En relación con los conocimientos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia se aborda el desarrollo que se ha tenido en la Educación en Ciencias y que ha conducido a la emergencia del campo teórico de la Didáctica de las

Ciencias Experimentales, conocimiento y crítica argumentada a las ideas espontáneas docentes, problemas asociados con el currículo de las ciencias, secuenciación de contenidos, preparación de actividades, dirección de actividades de los alumnos y evaluación, y finalmente, análisis crítico de las implicaciones del profesorado de ciencias en la investigación y la innovación didáctica en la enseñanza de las ciencias experimentales.

3. La segunda parte del programa, tiene como propósito fundamental abordar **la enseñanza y el aprendizaje significativo de conocimientos científicos** y para ello se tratarán con el profesorado los siguientes aspectos:

a) la Investigación Didáctica en relación con las ideas previas, crítica argumentada a las teorías habituales sobre el aprendizaje de las ciencias, las teorías de cambio conceptual desde una perspectiva constructivista y sus relaciones con las nuevas concepciones sobre el aprendizaje de las ciencias, crítica argumentada a los modelos habituales de enseñanza de las ciencias (la enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos ya elaborados, la enseñanza de las ciencias por descubrimiento inductivo y autónomo y la enseñanza de las ciencias por transmisión verbal significativa).

b) Modelos contemporáneos de orientación constructivista acerca de la enseñanza de las ciencias: la enseñanza de las ciencias apoyada en la hipótesis del conflicto cognitivo, la enseñanza de las ciencias apoyada en la hipótesis de la explicación y la contrastación de modelos y, la enseñanza de las ciencias apoyada en la hipótesis de la investigación orientada.

c) La enseñanza de las ciencias mediante investigación orientada y sus implicaciones en la formación inicial del profesorado: el problema de los errores conceptuales, hipótesis sobre las causas de la persistencia en los errores conceptuales, crítica argumentada a la enseñanza habitual de las ciencias, propuestas alternativas para favorecer aprendizajes significativos de las ciencias.

d) Trabajos prácticos de laboratorio: análisis crítico de las visiones deformadas de la ciencia y de la actividad científica, familiarización de los estudiantes y de los profesores con la metodología científica compatible con corrientes epistemológicas más acordes con los resultados de la investigación actual en este campo, el aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual, metodológico y actitudinal (implicaciones en clases de ciencias sobre trabajos prácticos y análisis crítico de los trabajos habituales de laboratorio).

e) Resolución de problemas de lápiz y papel: distinción entre ejercicios y problemas, análisis crítico de la presentación y resolución habitual de problemas en química y el aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual, metodológico y actitudinal (implicaciones en las clases de ciencias sobre resolución de problemas de lápiz y papel).

f) Hacia un modelo integrado de enseñanza de las ciencias que favorezca el aprendizaje de teorías y conceptos científicos, de trabajos prácticos y de problemas de lápiz y papel: el modelo didáctico por investigación orientada. Desde aquí se aborda la necesidad de un replanteamiento global en la enseñanza de las ciencias, relaciones entre la investigación científica (tratamiento científico de situaciones problemáticas de interés para la sociedad y para las comunidades científicas especializadas) y la investigación en la enseñanza de las ciencias (la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como actividad orientada para resolver situaciones problemáticas de interés para la sociedad y para los alumnos en particular).

4. La tercera parte del programa tiene como propósito abordar la problemática asociada con **las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje**. Aquí se abordan aspectos como: ¿Qué son las actitudes?, ¿Qué son las actitudes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje?, algunos resultados de la investigación didáctica en la detección de las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje, algunos resultados de la investigación didáctica sobre la persistencia de las actitudes negativas de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje, la enseñanza de las ciencias orientada para favorecer el cambio

conceptual, metodológico y actitudinal, las relaciones ciencias, tecnología, sociedad (CTS) como contribución al cambio actitudinal en el aprendizaje de las ciencias, y el clima institucional y el clima de aula como contribución al cambio conceptual, metodológico y actitudinal de los estudiantes.

5. La cuarta parte del programa aborda aspectos relacionados con **la evaluación de la enseñanza, del aprendizaje y del currículo de ciencias**, las concepciones espontáneas sobre la evaluación, la evaluación en los modelos de enseñanza habitual de las ciencias y la evaluación en los modelos de enseñanza contemporánea de las ciencias, la evaluación como instrumento de aprendizaje de las ciencias, la evaluación como instrumento de mejora en la enseñanza y, el desarrollo y la práctica de actividades de evaluación alternativas.

6. La quinta parte del programa desarrolla discusiones críticas en torno a la **construcción de criterios para la elaboración de un currículo de ciencias desde la perspectiva de la Didáctica Contemporánea de las Ciencias**, en particular se aborda: la planificación del currículo, criterios básicos para la planificación del currículo, finalidades y objetivos de la formación de profesores de ciencias, la selección de contenidos, el análisis crítico de la secuenciación de contenidos de química en la educación media y de química en la formación de profesores de química, la concreción de un currículo de orientación constructivista, el diseño de unidades didácticas como programas de actividades. A su vez en esta parte se tratan aspectos conceptuales, metodológicos y actitudinales que se deben considerar en la elaboración de un programa de actividades, identificación de experiencias de investigación didáctica reflejadas en programas de actividades, elaboración de un programa de actividades por parte de los profesores universitarios de química para orientar la enseñanza de las ciencias a estudiantes para profesores de química y a manera de síntesis, la práctica docente como una actividad de investigación.

En cuanto a características específicas del programa se resalta que éste inicia identificando algunos problemas didácticos que serían convenientes abordar a

lo largo del mismo. Si bien se hace una presentación de las expectativas derivadas de la investigación que fundamenta el programa, también se hace necesario considerar las expectativas del propio profesorado participante en el programa. En tal sentido se espera que sea posible encontrar equilibrios en las expectativas del programa concediendo en sus inicios un peso mayor a lo esperado por el Director del programa hasta progresivamente ir alcanzando uno mayor a lo esperado por los participantes del mismo. Este proceso ha de conducir a fortalecer un clima de autorregulación en las tareas del equipo en la expectativa que el coordinador termine siendo un miembro más del grupo de profesores que participan en el programa. Por ello la necesidad de identificar aquellos problemas didácticos que más convendría ser abordados en el transcurso del programa.

7. Las características del programa de formación de profesores aplicado en esta investigación.

Se procede ahora a describir en detalle, lo que ha sido el programa de formación de profesores apoyado en la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias Experimentales, cuerpo teórico desde el cual se ha fundamentado el presente trabajo. El programa de formación ha sido aplicado con profesores universitarios de química, encargados de la formación inicial de profesores de química.

El programa inicia con una sensibilización importante en relación con nuestro papel como profesores de ciencias, encargados de la formación inicial de futuros profesores de ciencias. Hemos discutido ampliamente políticas nacionales, en concreto analizado en detalle en documentos sobre lineamientos curriculares de ciencias naturales propuesto por el Ministerio de Educación Nacional desarrollado en el año de 1998; de igual manera hemos hecho un análisis profundo de normas como el Decreto 272 de 1998 y la Resolución 1036 de 2004, que hacen referencia a las condiciones básicas para poner en marcha programas de formación de profesores de educación básica y educación media del Sistema Educativo Colombiano, y particularmente se ha

discutido en torno a los documentos sobre Estándares de Competencias en Ciencias Naturales que han entrado en vigencia en Colombia a partir del año de 2004 y que han sido elaborados por representantes de la comunidad científica y educativa en ciencias de Colombia.

En ese sentido se analizaron las bases de las políticas públicas en Educación Colombiana y en particular, de políticas públicas de Formación de Profesores; en especial se dio énfasis a la importancia del replanteamiento de concepciones y prácticas de enseñanza de las ciencias como reto para responder a nuevos propósitos educativos (formación por competencias científicas, énfasis en la evaluación más que en la calificación, el profesorado como constructor de currículos y no simplemente como “consumidor de currículos”, aprendizaje mediante la resolución de problemas más que mediante la asimilación de contenidos, la formación ciudadana ligada a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, etc.). De hecho, los conversatorios iniciales han permitido que cada uno de los cuatro profesores participantes se haya sincerado consigo mismo y con el grupo, habiéndose planteado necesariamente que se requiere con urgencia que ellos puedan conocer y desarrollar otro tipo de herramientas conceptuales y metodológicas para cualificar los procesos que se siguen en torno a la enseñanza de las ciencias, y que finalmente puedan conducir a que los estudiantes no sólo aprendan mejor el conocimiento científico que se les enseña, sino también, que la manera como aprendan tenga relación con nuevas orientaciones sobre la enseñanza.

Los participantes del programa han aceptado querer aprender a pensar, a sentir y a desempeñarse como profesores. Todos ellos acreditan títulos profesionales en Química, lo cual para los efectos de la legislación en Colombia, no necesariamente significa que hayan considerado inicialmente formarse y/o desempeñarse como Profesores de Química. En su condición de Químicos y no de Licenciados en química, según la nomenclatura de los títulos en Colombia, aceptan creer que pueden tener enormes deficiencias al momento de enseñar pero también aceptan pensar que aún podrían tener posibilidades para iniciar procesos de aprendizaje acerca de nuevas alternativas para la enseñanza de las ciencias.

A título de expectativas en el programa, se ha resaltado la importancia que éste tiene si se logra conectar permanentemente con los problemas que a diario los profesores evidencian en torno a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias, lo cual lo haría mucho más significativo para ellos. Es decir, el grupo de Profesores ha sugerido que éste sea un programa que no se constituya en un ejercicio artificial donde se discuten alternativas de enseñanza pero con poca relación con lo que ellos diariamente tienen que hacer con sus estudiantes. Todos estos profesores, al momento de su participación en el programa, orientan cursos con la asistencia de alrededor de entre cien y ciento cincuenta estudiantes de diferentes cursos de la Carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital; José en Química General (Básica Introdutoria) y en Química Analítica Instrumental; Adolfo en Química Orgánica y en Análisis Orgánico; Inés en Bioquímica y Pedro en Química Inorgánica y en Química Analítica Cuantitativa.

Las discusiones iniciales con el grupo han permitido identificar el interés por las siguientes problemáticas que se esperaba, pudieran ser tratadas en profundidad durante el desarrollo del programa:

1. ¿Cómo secuenciar contenidos científicos?
2. ¿Cómo priorizar competencias científicas?
3. ¿Cómo abordar trabajos prácticos de laboratorio?
4. ¿Cómo elaborar unidades didácticas para el trabajo en el aula?
5. ¿Cómo evaluar los aprendizajes de los estudiantes?

Procediendo a hacer una revisión general de la literatura actual en Didáctica de las Ciencias Experimentales, el grupo encuentra que estas preguntas son de relevancia en las discusiones contemporáneas en Educación Científica. Se espera desde estas preguntas orientadores o de “ideas fuerza”, lograr apreciar que no solamente la fundamentación del programa, soportada en la tesis de un programa eficaz de formación de profesores, ha de conducir a resultados satisfactorios, coherentes con las expectativas teóricas derivadas de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias en general, y en particular en la línea de formación de profesores de ciencias, sino también ha

de conducir a desarrollar prácticas alternativas y novedosas en cuanto a la enseñanza de la química.

El programa se instala en el principio de un trabajo colaborativo que se habrá de adelantar entre colegas pares, lo cual pone una condición diferente en cuanto a las actitudes de los profesores ya que se trata de compañeros del mismo Departamento interesados en abordar una problemática y una expectativa común. Se tiene en cuenta además que el Director del Programa también hace parte del staff de profesores del Departamento de Licenciatura en Química, así que es otro colega con el cual se plantea un trabajo en equipo dirigido a desarrollar concepciones, actitudes y prácticas novedosas en la enseñanza de la química de cara a favorecer un mejor aprendizaje de esta ciencia en estudiantes futuros profesores de química.

En consecuencia, las predisposiciones que se evidencian en el grupo y el clima general del trabajo son muy positivas. Los documentos que se abordarán serán tratados como lecturas argumentadas dando ocasión a la exposición detallada de puntos de vista. Se espera que a medida que se desarrolla el programa, éste pase de ser direccionado por el Director a ser co-direccionado por todos los integrantes del grupo, especialmente cuando nos adentremos en situaciones problemáticas específicas que conduzcan a pensar más en la propia investigación que de ellas se puedan derivar. El tutor, a medida que se desarrolla el programa, habrá de pasar a ser un miembro más del equipo de investigación interesado en realizar este trabajo. Por ello, en la presentación general del Programa, es importante recalcar el papel que tiene un tratamiento como el que se propone en esta investigación, con un marcado acento en la inmersión de los profesores en la investigación en Didáctica de las Ciencias, actividad que terminará consolidándose como el trabajo de un grupo de profesores preocupados por examinar los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias y por tratar de apropiarse constructivamente y de replicar esas investigaciones en el intento de producir sus propias investigaciones didácticas.

Es importante mencionar que los profesores que participan en este Programa han ingresado al mismo de manera libre y espontánea. El proceso consistió en presentar una comunicación general a todos los Profesores del Departamento de Química, indicando la intencionalidad de Programa. Algunos Profesores que no lo hicieron se debió no tanto por manifestar desinterés en el desarrollo del Programa sino porque en la actualidad se encuentran adelantando estudios de formación doctoral en campos del conocimiento químico, lo que les impide contar con el tiempo suficiente para participar efectivamente en el programa.

Los Profesores anotados en el Programa han sido oficializados ante el Consejo de la Facultad con el propósito de concedérseles un tiempo extra especial para ellos. Esto significa que han podido dedicar un tiempo de seis horas semanales.

Así pues, considerando los períodos académicos semestrales en la Universidad Distrital, cada uno de 16 semanas, el Programa se ha desarrollado en un total de 32 semanas durante el segundo semestre del año 2005 y el primer semestre del año 2006 lo que significa un total de 192 horas de trabajo presencial. Sin embargo, como es de esperarse en algunos momentos del Programa, se prevé la dedicación, por parte de los Profesores participantes, de algunos tiempos de trabajo tutoriado, los cuales se dedicaron especialmente al acompañamiento a sesiones de trabajo de aula o de trabajos prácticos de laboratorio o a sesiones de profundización de algunas de las problemáticas abordadas durante el Programa.

CAPÍTULO VI

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS H2

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ACERCA DE LA CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS H2

En este capítulo, se presentan y analizan los resultados obtenidos con los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación, es decir, sus manifestaciones luego de pasar por la secuencia curricular del Programa de Actividades previsto en esta investigación y dirigido a favorecer un cambio didáctico. En el Anexo 1 se describe dicho Programa de Actividades siguiendo el orden cronológico con el que se desarrolló. Dado que se trata del análisis de la segunda hipótesis H2, se estudian aquí los resultados obtenidos luego de la aplicación del cuestionario Q2 en todas sus formas (Q2-A orientado a la caracterización de concepciones y actitudes finales sobre la ciencia y sobre la actividad científica; Q2-B orientado a la caracterización de concepciones y actitudes finales sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias; y Q2-C orientado a la caracterización de concepciones y actitudes finales sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica desde la perspectiva de una docencia innovadora y más próxima a los fundamentos de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias). El cuestionario Q2 en su conjunto, se ha utilizado para caracterizar la epistemología personal docente final de los profesores intervenidos en esta investigación.

En la etapa final del desarrollo del programa de Actividades, el investigador acompañó a los profesores que participaron en su desarrollo a sesiones de clases (de teoría o de laboratorio), esto con el propósito de caracterizar algunos cambios en la práctica docente de los profesores intervenidos; de igual forma es importante señalar que el cuestionario Q2 en todos sus componentes (Q2-A, Q2-B y Q2-C) sirvió para analizar, mediante una entrevista con cada profesor, los cambios en las concepciones y actitudes de los profesores intervenidos.

6.1. El cambio didáctico en la epistemología personal docente de los profesores de ciencias intervenidos

Se presentan a continuación los resultados de los Cuestionarios finales y de las entrevistas semi-estructuradas aplicadas a los Profesores Universitarios de Química que hicieron parte del Programa de Formación seguido como parte de la investigación que se muestra en esta memoria. Primeramente, se muestran y analizan los resultados obtenidos individualmente por cada profesor y luego se hace un análisis general. En relación con el cuestionario que se ilustra en el capítulo 5, éste consta de dos partes: una para la **identificación de la epistemología docente innovadora de los profesores de ciencias** (Cuestionario Q2) y que específicamente, entre las preguntas 1 a 12 da cuenta de las **Concepciones y actitudes innovadoras sobre la ciencia y sobre la actividad científica** (Cuestionario Q2-A), entre las preguntas 13 a 21 da cuenta de las **Concepciones y actitudes innovadoras sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias** (Cuestionario Q2-B), y entre las preguntas 22 a 31 da cuenta de las **Concepciones y actitudes innovadoras sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica** (Cuestionario Q2-C).

La justificación de cada uno de los ítems, está planteada en los apartados del capítulo 5 de la siguiente manera: El apartado 5.2.1 destaca las consecuencias contrastables para caracterizar las ideas que sobre naturaleza de la ciencia y actividad científica manifiestan los profesores de química intervenidos desde la perspectiva de una docencia innovadora (CCI1 a CCI12); el apartado 5.2.2 destaca las consecuencias contrastables para caracterizar las ideas que sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias manifiestan los profesores de química intervenidos desde la perspectiva de una docencia innovadora (CCI13 a CCI21); y el apartado 5.2.3 destaca las consecuencias contrastables para caracterizar las ideas que sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica manifiestan los profesores de química intervenidos desde la perspectiva de una docencia innovadora (CCI22 a CCI31-d'). El orden de cada una de estas consecuencias contrastables corresponde al orden de los ítems trabajados en los cuestionarios Q2-A, Q2-B y Q2-C.

El cuestionario Q2 se desarrolla en *Escala Likert* consistente en un conjunto de proposiciones (31) donde los Profesores, de acuerdo a sus ideas y creencias, pueden responder si se encuentran Totalmente en desacuerdo, o En desacuerdo, o Declararse neutros y no dar opinión, o De acuerdo, o Totalmente de acuerdo con la proposición presentada.

Como se puede derivar de las Consecuencias contrastables y del Instrumento que procura su identificación ilustrado en el capítulo 5 de esta memoria, los ítems 4 y 5 reflejan posturas acordes con los resultados de la investigación didáctica y muy acordes con los resultados de la investigación didáctica respectivamente respecto a las concepciones epistemológicas sobre la ciencia y la actividad científica, sobre la historia de la ciencia y sus implicaciones en la enseñanza de la ciencia, y sobre concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por el contrario, los ítems 1 y 2 reflejan posturas muy habituales y habituales respectivamente respecto a las concepciones indicadas atrás. El ítem 3 sería indicador de una postura neutra donde el profesor no se muestra ni de acuerdo ni en desacuerdo y por tanto no manifiesta ni una concepción contemporánea ni una concepción habitual respecto a la concepciones sobre ciencia, historia de la ciencia, enseñanza de la ciencia y aprendizaje de la ciencia.

Debe precisarse que este instrumento fue aplicado a los profesores una vez concluida su participación en el Programa de Formación. Igualmente, las entrevistas semi-estructuradas que se aplicaron con el propósito de ahondar en las respuestas dadas por los profesores en la resolución del cuestionario Q2, se adelantaron después de finalizado el Programa.

6.1.1. Resultados individuales en torno al cambio didáctico en la epistemología personal docente de los profesores de ciencias intervenidos.

A continuación se presentan los resultados de cada uno de los profesores universitarios de química que participaron en el desarrollo del Programa de Actividades que se describe en el Anexo 1, en particular en lo que tiene que ver con el cambio en la epistemología personal.

6.1.1.1. Resultados obtenidos luego de la aplicación del cuestionario final.

Se presentan a continuación los resultados de la aplicación del cuestionario Q2 de la siguiente manera: en el cuadro 4 se ilustran las valoraciones posteriores al desarrollo del programa de Actividades dadas por los profesores universitarios de química sobre la naturaleza de la ciencia y la actividad científica (Cuestionario Q2-A), en el cuadro 5 las valoraciones posteriores al desarrollo del programa de Actividades dadas por los profesores universitarios de química sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias (Cuestionario Q2-B), y en el cuadro 6 las valoraciones posteriores al desarrollo del programa de Actividades dadas por los profesores universitarios de química sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica (Cuestionario Q2-C)

Cuadro 4. Valoraciones posteriores al desarrollo del programa de Actividades dadas por los profesores universitarios de química sobre la naturaleza de la ciencia y la actividad científica (Cuestionario Q2-A)

No. Ítem	Contenido del ítem	valoración José	valoración Adolfo	valoración Inés	valoración Pedro
1	La investigación científica es un proceso complejo donde, con el ánimo de resolver problemas de investigación, se diseñan y desarrollan diferentes variables,	5	5	5	5

Capítulo 6. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Segunda Hipótesis H2

	hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. En consecuencia, existen múltiples metodologías y estrategias para resolver un problema de interés para el conocimiento científico.				
2	Los conocimientos acerca del mundo son producto de nuestras interacciones entre cuerpos de conocimientos progresivamente elaborados por las comunidades científicas especializadas que nos sirven de soporte y de fundamentación, y la porción de una realidad natural o social que se problematiza y estudia.	5	5	5	5
3	La observación no es neutral, pues depende de nuestros conocimientos e ideas previas.	5	5	5	5
4	El conocimiento científico siempre está en permanente construcción y por tanto tiene el carácter de provisional y no constituye en sí mismo la realidad.	5	5	5	5
5	Dado que las teorías científicas se desarrollan permanentemente, nuestras concepciones sobre el mundo no son siempre las mismas.	5	5	5	5
6	En la observación de la realidad es imposible evitar algunas deformaciones que puede introducir el observador, dependiendo de sus ideas, experiencias y conocimientos previos.	5	5	5	5
7	El experimento científico hace parte de las estrategias que ponemos en marcha en un proceso de investigación científica, incluye el desarrollo de habilidades técnicas	5	4	4	5

Capítulo 6. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Segunda Hipótesis H2

	para su ejecución y nos ayuda a plantear nuevos problemas de estudio o a validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías científicas.				
8	El conocimiento científico surge por el interés de las comunidades científicas de solucionar situaciones problemáticas que emergen del mundo natural o social o de las ideas propias de dichas comunidades. Las respuestas a dichas situaciones, son en muchas ocasiones, una alternativa para dar respuesta a las necesidades de las personas en general.	5	5	5	5
9	El conocimiento científico se fundamenta en teorías científicas y por tanto los científicos revisan el trabajo que ellos mismos u otros elaboran al momento de emprender la tarea de solución de problemas.	5	5	5	5
10	Las hipótesis científicas nos ayudan a encontrar soluciones tentativas a problemas planteados en una investigación.	5	5	5	5
11	Una investigación científica se considera adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre una concepción teórica que fundamenta la situación problémica y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.	5	5	5	5
12	La investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, estos resultados por lo general son dinamizadores para la	5	5	5	5

	apertura a nuevas investigaciones derivadas de las anteriores.				
--	--	--	--	--	--

Cuadro 5. Valoraciones posteriores al desarrollo del programa de Actividades dadas por los profesores universitarios de química sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias (Cuestionario Q2-B)

No. Ítem	Contenido del ítem	valoración José	valoración Adolfo	valoración Inés	valoración Pedro
13	La ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos. Por tanto, el avance de la ciencia se debe en gran medida a rupturas débiles o fuertes entre modelos teóricos más recientes respecto a modelos del sentido común o respecto a modelos teóricos anteriores.	5	5	5	5
14	La ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y a la preservación de un equilibrio dinámico entre lo natural, lo físico y lo social, abordando problemas de interés que ayudan a solucionar diversos aspectos. Sin embargo, muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)	5	5	5	5
15	La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica que a lo largo de la historia han hecho aportes desarrollando conocimientos y	5	5	5	5

Capítulo 6. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Segunda Hipótesis H2

	aplicaciones prácticas, procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.				
16	Los resultados obtenidos por la investigación científica tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.	4	3	4	4
17	Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas y avances respecto a teorías anteriores.	4	5	4	4
18	La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.	5	5	5	5
19	En el difícil y espinoso camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.	5	5	5	5
20	Los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un contexto cultural y por tanto son	5	5	5	5

	parte de la sociedad. Buena parte de los problemas de investigación que aborda la investigación científica surgen de intereses sociales, políticos, económicos, etc.				
21	Gracias a la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia.	5	5	5	5

Cuadro 6. Valoraciones posteriores al desarrollo del programa de Actividades dadas por los profesores universitarios de química sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica (Cuestionario Q2-C)

No. Ítem	Contenido del ítem	valoración José	valoración Adolfo	valoración Inés	valoración Pedro
22	Incluso antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes poseen ideas, conocimientos y destrezas.	5	5	5	5
23	Entre el aprendizaje y la enseñanza (entendida ésta última como ayuda para el aprendizaje) hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.	5	5	5	5
24	Para favorecer el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes, se requiere por parte del profesor conocer, además de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña, conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los	5	5	5	5

Capítulo 6. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Segunda Hipótesis H2

	estudiantes y sobre cómo hay que enseñar.				
25	Aprender ciencias implica tener cambios concientes en el dominio de contenidos conceptuales (conceptos, teorías y principios), de contenidos metodológicos (modos de producción, estrategias y técnicas propios de la ciencia), y de contenidos actitudinales (predisposiciones de la persona hacia la ciencia, el aprendizaje de la ciencia y las implicaciones sociales de la ciencia).	5	5	5	5
26	Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de unos cuantos contenidos fundamentales de la ciencia abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.	5	5	5	5
27	La formación inicial y continuada de un profesor de química es una investigación didáctica ya que para enseñar, deben aprenderse cuerpos de conocimientos, actitudes y procedimientos acerca de cómo enseñar.	5	5	5	5
28-a'	La comprensión de los conocimientos científicos exige tiempo y tratamientos en profundidad. Es necesario, pues, seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que es importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de las ciencias y no proporcionan conocimientos durables.	5	5	5	5
28-b'	La enseñanza de las ciencias es una	5	5	5	5

Capítulo 6. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contratación de la Segunda Hipótesis H2

	actividad práctica y teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Dicha práctica puede ser innovadora a lo largo de todo el proceso.				
28-c'	Una secuencia de contenidos científicos debe seleccionarse y adaptarse según los niveles cognitivos y los intereses de los estudiantes.	4	4	5	4
29-a'	Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor es capaz de desarrollar estrategias que favorecen el tratamiento científico de situaciones problémicas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.	5	5	5	5
29-b'	Una buena estrategia de enseñanza de las ciencias debiera favorecer el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos.	5	5	5	5
29-c'	La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y su calidad implica conceder "un tiempo propio" que necesariamente deben invertir los estudiantes.	5	5	5	5
30-a'	Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe contribuir a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor.	5	5	5	5

Capítulo 6. Presentación y Análisis de Resultados acerca de la Contrastación de la Segunda Hipótesis H2

30-b'	La evaluación debe servir como instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo.	5	5	5	5
30-c'	La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe centrarse en la identificación del aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio.	5	5	5	5
30-d'	La evaluación, debe ser continua a lo largo de todo el proceso.	5	5	5	5
31-a'	Para un adecuado aprendizaje de las ciencias, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula.	5	5	5	5
31-b'	En clases de ciencias, el trabajo de los estudiantes ha de realizarse preferentemente en pequeños grupos cooperativos.	5	5	5	5
31-c'	Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en las clases de ciencias, el profesor y los estudiantes deben ser los protagonistas en el aula para abordar pequeñas investigaciones dirigidas.	5	5	5	5
31-d'	El profesor debe abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo donde han de participar otros colegas.	5	5	5	5

El cuestionario Q2 en sus diferentes momentos (Q2-A, Q2-B y Q2-C) fue comentado con cada uno de los profesores en forma separada. A continuación se describe el análisis de los resultados anteriormente presentados en los cuadros 1, 2 y 3.

JOSÉ:

En general, podemos decir de José, luego de su participación en el Programa de Formación, que en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera que la investigación científica es un proceso complejo destinado a resolver problemas de interés para las ciencias experimentales lo cual requiere del diseño y desarrollo de variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. Dependiendo del problema a resolver, existen múltiples caminos para abordar un proceso de investigación científica y por tanto la actividad científica no se da siguiendo un conjunto de pasos rígidos, caracterizados por puntos de partida y puntos de llegada perfectamente preestablecidos a la manera de un esquema teleológico y unidireccional.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico es el resultado de la interacción entre el sujeto en actitud cognoscente y la realidad, y que dicho conocimiento resulta ser alternativo al conocimiento de sentido común.
- Considera que en la investigación científica, la observación no es neutral, ésta depende de los cuerpos de conocimientos disponibles en la estructura cognitiva de quien resuelve una situación problemática de interés.
- Considera que el conocimiento científico es una construcción permanente y provisional que hacemos las personas sobre la realidad natural y social. Las teorías científicas son producto del progreso en la investigación científica, son siempre provisionales y no constituyen en sí mismas la realidad.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico tiene un estatus temporal, los conceptos y las teorías asociadas con ellos cambian permanentemente, lo que genera cambios en las concepciones que desde el mundo de la ciencia se pueden hacer sobre la realidad natural o social. El conocimiento científico cambia en la medida en que los cuerpos de conocimiento elaborados desde teorías científicas así también lo van haciendo.
- Considera que en la observación de la realidad es imposible evitar deformaciones que puede introducir el observador.
- Se muestra muy de acuerdo con que el experimento científico es una concreción parcial o completa de las teorías el cual hace parte de las estrategias diseñadas para

resolver problemas, requiere de técnicas y habilidades para su ejecución, y se trata de intentos que se ponen a prueba para validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías.

- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico surge por el interés de solucionar por parte de las comunidades científicas situaciones problemáticas de interés. Las respuestas (conceptuales o prácticas) a dichas situaciones, son en muchas ocasiones una alternativa para dar respuestas a necesidades sentidas por las sociedades en general (cultura).
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico se fundamenta en teorías y en consecuencia se hace necesario que los investigadores revisen el trabajo elaborado por ellos mismos y por otros investigadores, de forma que sirva de referente para los propósitos de una nueva investigación.
- Considera que las hipótesis son modos de evaluar la coherencia entre la teoría, los procedimientos seguidos mediante estrategias y técnicas, los resultados de la teoría y los objetos de estudio.
- Considera que la investigación científica es adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre la concepción teórica que fundamenta el problema y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.
- Se muestra muy de acuerdo con que una investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de ser modificados.

En consecuencia con los resultados destacados anteriormente, podemos afirmar que José, en cuanto a sus concepciones sobre la ciencia y sobre la actividad científica, manifiesta un cambio epistemológico trascendental, habiendo pasado de posiciones realistas, inductivistas y positivistas (antes del inicio del Programa aceptaba el método científico como el método para orientar la investigación científica, aceptaba que el conocimiento está en la realidad, aceptaba que las teorías científicas son verdaderas cuando describen convenientemente la realidad, aceptaba que una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad) hasta posiciones más acordes con los resultados de la epistemología constructivista (la investigación científica es un proceso mediante el cual elaboramos conocimientos para explicar la realidad, en la investigación científica no se sigue un camino único pues éste en gran parte depende de la naturaleza y de las condiciones de los problemas que se abordan, la observación es teóricamente fundamentada, el conocimiento científico cambia en la medida que cambiamos nuestras concepciones (teorías, ideas y

prácticas) sobre el mundo, las hipótesis son síntesis creativas que nos permiten dar forma a problemas de investigación, los resultados de una investigación científica son siempre provisionales).

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en José que:

- Se muestra muy de acuerdo con que la ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos.
- Considera que la ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y del equilibrio natural y físico, abordando problemas de interés que ayuden a solucionar diversos aspectos aunque muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)
- Considera que la ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica, y que a lo largo de la historia de la humanidad han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas de los conocimientos procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.
- Se muestra de acuerdo con que los resultados obtenidos por la investigación científica, tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.
- Se muestra de acuerdo con que una nueva teoría científica trata de ser más coherente, predictiva y explicativa, procurando solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas respecto a teorías anteriores.
- Considera que la verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.
- Se muestra muy de acuerdo con que en el difícil camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.

- Considera que los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un cierto contexto cultural y por tanto hacen parte de una sociedad y que buena parte de los problemas de investigación a tratar desde el conocimiento científico son el resultado de intereses sociales, políticos, económicos, etc.
- Considera que a lo largo de la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia, especialmente desde cuando las sociedades han favorecido mayores espacios para su educación y participación en las diversas actividades del mundo del trabajo.

En este aspecto también es posible evidenciar un cambio paradigmático importante en José en relación con sus concepciones acerca de la historia de la ciencia y de su impacto en el desarrollo del conocimiento científico, habiendo pasado de posturas historiográficas (la ciencia progresa por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas con capacidades excepcionales y casi fuera de lo común, la ciencia es exacta, la ciencia a lo largo de su historia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando, un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas) hasta posturas más historicistas (las teorías científicas progresan cuando mejoran su capacidad explicativa, el desarrollo de la ciencia se favorece cuando surgen nuevas teorías más explicativas y con mayor poder predictivo, la ciencia progresa siempre en relación con el desarrollo del contexto social, las mujeres y hombres que aportan al desarrollo del conocimiento científico son personas dedicadas e interesadas en esta empresa racional y no siempre sus resultados son los esperados, los conceptos y las teorías científicas cambian con el tiempo y por tanto tienen el estatus de provisionales, en el desarrollo de la ciencia muchas veces los avances no se dan con la agilidad que se espera).

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que José:

- Considera que antes de la instrucción, los estudiantes poseen conocimientos y destrezas.
- Se muestra muy de acuerdo con que entre el aprendizaje y la enseñanza hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre estos dos actos educativos.
- Considera que para favorecer el aprendizaje se requiere por parte del profesor un

adecuado dominio de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña (conocimientos disciplinares y conocimientos metadisciplinares), y de conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar (conocimientos didácticos).

- Se muestra muy de acuerdo con que aprender ciencias implica la comprensión de contenidos conceptuales, de contenidos metodológicos, y de contenidos actitudinales. El dominio de estas tres clases de contenidos favorece el desarrollo de una cultura científica.
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.
- Se muestra muy de acuerdo con que la formación de un profesor de química corresponde a una investigación didáctica dirigida que favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada. Esta investigación parte de la consideración de las ideas espontáneas docentes y de los problemas a los que habitualmente nos enfrentamos los Profesores de Ciencias; implica tener en cuenta los conocimientos derivados de la investigación y la innovación Didáctica, los conocimientos derivados de la investigación en la materia a enseñar y las metodologías propias que favorecen la construcción de conocimientos didácticos.
- Se muestra muy de acuerdo con que en relación con contenidos y actividades, en la enseñanza de las ciencias prima la profundidad de contenidos sobre su extensión así como con que la enseñanza de las ciencias es una actividad práctica teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Se muestra de acuerdo con que un programa curricular se selecciona y se adapta según los niveles cognitivos y según los intereses de los estudiantes.
- En relación con estrategias didácticas, se muestra muy de acuerdo con que éstas han de favorecer el tratamiento científico de situaciones problémicas por parte de los alumnos apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio. Igualmente se muestra de acuerdo con estrategias que favorezcan el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos y con que la eficacia de la enseñanza depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y del “tiempo propio” que necesariamente deben invertir los estudiantes.

- En relación con la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje, se muestra muy de acuerdo con que esta ayuda a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor, que se trata de un instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo, que se centra en el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio y que ha de ser continua a lo largo del proceso.
- En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, considera que para un adecuado aprendizaje, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula, que el trabajo de los estudiantes debiera de realizarse en pequeños grupos cooperativos, que el profesor y los estudiantes son protagonistas en el aula pues abordan pequeñas investigaciones dirigidas por el profesor donde los estudiantes actúan como “investigadores noveles” y, que el profesor ha de abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo.

En general puede decirse que se evidencia un cambio importante en las concepciones de José en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias, pues ha pasado desde posiciones centradas en una didáctica tradicional de las ciencias (independencia entre la enseñanza y el aprendizaje, lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le entiendan, los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en el conocimiento de la materia a enseñar, un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, un curso se trata por igual independientemente del desarrollo cognitivo de los estudiantes y de sus finalidades educativas, el modelo prevalente de enseñanza de las ciencias debe ser el explicativo, entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, la evaluación debe centrarse en la identificación de contenidos conceptuales en los estudiantes y ésta ha de darse al final de una unidad, el profesor es el protagonista en el aula y los estudiantes han de estar siempre pendientes de lo que dice y hace el profesor) hasta posturas más próximas con la didáctica contemporánea de las ciencias (hay corresponsabilidad entre la enseñanza y el aprendizaje, el profesor ha de procurar una enseñanza que favorezca en los estudiantes cambios de orden conceptual, actitudinal y metodológico, no basta con saber la disciplina para ser un buen profesor pues se requieren conocimientos didácticos sobre la materia que se enseña, es preferible que los estudiantes elaboren unos pocos conocimientos con niveles adecuados de profundidad que se tratan progresivamente a lo largo de la formación, la formación de un profesor de ciencias es un proceso de consolidación de investigadores en enseñanza de las ciencias donde se favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada, la evaluación es

un instrumento de ayuda para la mejora de la enseñanza, el aprendizaje y el currículo; el modelo prevalente de la enseñanza de las ciencias es el de investigación orientada, la calidad de la enseñanza de las ciencias es independiente del tiempo del que se dispone, la evaluación ayuda a reconocer tanto en profesores como en estudiantes las ayudas particulares que cada quien necesita y ésta se adelanta a lo largo de todo el proceso, los estudiantes y los profesores son co-protagonistas permanentes en el acto educativo).

ADOLFO:

En general, podemos decir de Adolfo, luego de su participación en el Programa de Formación, que en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera que la investigación científica es un proceso complejo con el cual se busca resolver problemas de interés para las ciencias experimentales y por ello requiere del diseño y desarrollo de variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. Dependiendo del problema a resolver, existen múltiples caminos para abordar un proceso de investigación científica y por tanto la actividad científica no se da siguiendo un conjunto de pasos rígidos, caracterizados por puntos de partida y puntos de llegada perfectamente preestablecidos a la manera de un esquema teleológico y unidireccional.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico es el resultado de la interacción entre el sujeto en actitud cognoscente y la realidad, y que dicho conocimiento resulta ser alternativo al conocimiento de sentido común.
- Considera que en la investigación científica, la observación no es neutral pues ésta depende de los cuerpos de conocimientos disponibles en la estructura cognitiva de quien o quienes resuelve(n) una situación problemática de interés.
- Considera que el conocimiento científico es una construcción permanente y provisional que hacemos las personas sobre la realidad natural y social. Las teorías científicas son producto del progreso en la investigación científica, son siempre provisionales y no constituyen en sí mismas la realidad.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico tiene un estatus temporal, los conceptos y las teorías asociadas con ellos cambian permanentemente, lo que genera cambios en las concepciones que desde el mundo de la ciencia se pueden hacer sobre la realidad natural o social. El conocimiento científico cambia en

la media en que los cuerpos de conocimiento elaborados desde teorías científicas así también lo van haciendo.

- Considera que en la observación de la realidad es imposible evitar deformaciones que puede introducir el observador.
- Se muestra de acuerdo con que el experimento científico es una concreción parcial o completa de las teorías el cual hace parte de las estrategias diseñadas para resolver problemas, requiere de técnicas y habilidades para su ejecución, y se trata de intentos que se ponen a prueba para validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico surge por el interés de solucionar por parte de las comunidades científicas situaciones problemáticas de interés. Las respuestas (conceptuales o prácticas) a dichas situaciones, son en muchas ocasiones una alternativa para dar respuestas a necesidades sentidas por las sociedades en general (cultura).
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico se fundamenta en teorías y en consecuencia se hace necesario que los investigadores revisen el trabajo elaborado por ellos mismos y por otros investigadores, de modo que sirve de referente para los propósitos de una nueva investigación.
- Considera que las hipótesis son modos de evaluar la coherencia entre la teoría, los procedimientos seguidos mediante estrategias y técnicas, los resultados de la teoría y los objetos de estudio.
- Considera que la investigación científica es adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre la concepción teórica que fundamenta el problema y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.
- Se muestra muy de acuerdo con que una investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de ser modificados.

En consecuencia con los resultados destacados anteriormente, podemos afirmar que Adolfo, en cuanto a sus concepciones sobre la ciencia y sobre la actividad científica, manifiesta un cambio epistemológico trascendental, habiendo pasado de posiciones realistas, inductivistas y positivistas (antes del inicio del Programa aceptaba la idea de un único método científico como camino para orientar la investigación científica, el conocimiento está fuera de nosotros y existe a priori en la realidad, las teorías científicas son verdaderas si explican la realidad tal y como

esta es, la observación científica es diferente de la observación cotidiana porque elimina muchas interferencias para ver lo que realmente se quiere ver, una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad, una investigación científica es buena cuando se siguen los pasos del método adecuada y completamente) hasta posiciones más acordes con los resultados de la epistemología constructivista (la investigación científica es un proceso mediante el cual elaboramos conocimientos para explicar la realidad, en la investigación científica no se sigue un camino único pues éste en gran parte depende de la naturaleza y de las condiciones de los problemas que se abordan, la observación es teóricamente fundamentada, el conocimiento científico cambia en la medida que cambiamos nuestras concepciones (teorías, ideas y prácticas) sobre el mundo, las hipótesis son síntesis creativas que nos permiten dar forma a problemas de investigación, los resultados de una investigación científica son siempre provisionales).

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en Adolfo que:

- Se muestra muy de acuerdo con que la ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos.
- Considera que la ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y del equilibrio natural y físico, abordando problemas de interés que ayuden a solucionar diversos aspectos aunque muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines.
- Considera que la ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica, y que a lo largo de la historia de la humanidad han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas de los conocimientos procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.
- Se muestra neutral en relación a que los resultados obtenidos por la investigación científica, tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.
- Se muestra muy de acuerdo con que una nueva teoría científica trata de ser más coherente, predictiva y explicativa, procurando solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas respecto a teorías anteriores.
- Considera que la verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de

la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.

- Se muestra muy de acuerdo con que en el difícil camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.
- Considera que los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un cierto contexto cultural y por tanto hacen parte de una sociedad y que buena parte de los problemas de investigación a tratar desde el conocimiento científico son el resultado de intereses sociales, políticos, económicos, etc.
- Considera que a lo largo de la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia, especialmente desde cuando las sociedades han favorecido mayores espacios para su educación y participación en las diversas actividades del mundo del trabajo.

En este aspecto también es posible evidenciar un cambio paradigmático importante en Adolfo en relación con sus concepciones acerca de la historia de la ciencia y de su impacto en el desarrollo del conocimiento científico, habiendo pasado de posturas historiográficas (la ciencia aceptada en la actualidad es aquella que ha logrado desarrollar experimentos cruciales, históricamente la ciencia se ha dado por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas excepcionales y con cualidades especiales, la ciencia progresa cuando llega a resultados exactos, la historia de la ciencia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando a lo largo del tiempo, un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas) hasta posturas más historicistas (las teorías científicas progresan cuando mejoran su capacidad explicativa, el desarrollo de la ciencia se favorece cuando surgen nuevas teorías más explicativas y con mayor poder predictivo, la ciencia progresa siempre en relación con el desarrollo del contexto social, las mujeres y hombres que aportan al desarrollo del conocimiento científico son personas dedicadas e interesadas en esta empresa racional y no siempre sus resultados son los esperados, en el desarrollo de la ciencia muchas veces los avances no se dan con la agilidad que se espera).

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que Adolfo:

- Considera que antes de la instrucción, los estudiantes poseen conocimientos y destrezas.
- Se muestra muy de acuerdo con que entre el aprendizaje y la enseñanza hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre estos dos actos educativos.
- Considera que para favorecer el aprendizaje se requiere por parte del profesor un adecuado dominio de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña (conocimientos disciplinares y conocimientos metadisciplinares), y de conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar (conocimientos didácticos).
- Se muestra muy de acuerdo con que aprender ciencias implica la comprensión de contenidos conceptuales, de contenidos metodológicos, y de contenidos actitudinales. El dominio de estas tres clases de contenidos favorece el desarrollo de una cultura científica.
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.
- Se muestra muy de acuerdo con que la formación de un profesor de química corresponde a una investigación didáctica dirigida que favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada. Esta investigación parte de la consideración de las ideas espontáneas docentes y de los problemas a los que habitualmente nos enfrentamos los Profesores de Ciencias; implica tener en cuenta los conocimientos derivados de la investigación y la innovación Didáctica, los conocimientos derivados de la investigación en la materia a enseñar y las metodologías propias que favorecen la construcción de conocimientos didácticos.
- Se muestra muy de acuerdo con que en relación con contenidos y actividades, en la enseñanza de las ciencias prima la profundidad de contenidos sobre su extensión así como con que la enseñanza de las ciencias es una actividad práctica teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Se muestra de acuerdo con que un programa curricular se selecciona y se adapta según los niveles cognitivos y según los intereses de los estudiantes.
- En relación con estrategias didácticas, se muestra muy de acuerdo con que éstas han de favorecer el tratamiento científico de situaciones problémicas por parte de los

alumnos apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio. Igualmente se muestra de acuerdo con estrategias que favorezcan el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos y con que la eficacia de la enseñanza depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y del “tiempo propio” que necesariamente deben invertir los estudiantes.

- En relación con la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje, se muestra muy de acuerdo con que esta ayuda a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor, que se trata de un instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo, que se centra en el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio y que ha de ser continua a lo largo del proceso.
- En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, considera que para un adecuado aprendizaje, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula, que el trabajo de los estudiantes debiera de realizarse en pequeños grupos cooperativos, que el profesor y los estudiantes son protagonistas en el aula pues abordan pequeñas investigaciones dirigidas por el profesor donde los estudiantes actúan como “investigadores noveles” y, que el profesor ha de abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo.

En general puede decirse que se evidencia un cambio importante en las concepciones de Adolfo en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias, pues ha pasado desde posiciones centradas en una didáctica tradicional de las ciencias (aceptaba la idea de la tabula rasa, la enseñanza y el aprendizaje son procesos independientes, lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le comprendan, los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en el conocimiento de la materia a enseñar, un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, el modelo prevalente de enseñanza de las ciencias debe ser el explicativo, una buena estrategia de enseñanza ha de conducir a favorecer la memorización de conceptos y la operativización de ejercicios y de métodos experimentales, entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, la evaluación debe centrarse en la identificación de contenidos conceptuales en los estudiantes y ésta ha de darse al final de una unidad, el profesor es el protagonista en el aula y los estudiantes han de estar siempre pendientes de lo que dice y

hace el profesor) hasta posturas más próximas con la didáctica contemporánea de las ciencias (hay corresponsabilidad entre la enseñanza y el aprendizaje, el profesor ha de procurar una enseñanza que favorezca en los estudiantes cambios de orden conceptual, actitudinal y metodológico, no basta con saber la disciplina para ser un buen profesor pues se requieren conocimientos didácticos sobre la materia que se enseña, es preferible que los estudiantes elaboren unos pocos conocimientos con niveles adecuados de profundidad que se tratan progresivamente a lo largo de la formación, la formación de un profesor de ciencias es un proceso de consolidación de investigadores en enseñanza de las ciencias donde se favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada, la evaluación es un instrumento de ayuda para la mejora de la enseñanza, el aprendizaje y el currículo; el modelo prevalente de la enseñanza de las ciencias es el de investigación orientada, la calidad de la enseñanza de las ciencias es independiente del tiempo del que se dispone, la evaluación ayuda a reconocer tanto en profesores como en estudiantes las ayudas particulares que cada quien necesita y ésta se adelanta a lo largo de todo el proceso, los estudiantes y los profesores son co-protagonistas permanentes en el acto educativo).

INÉS:

En general, podemos decir de Inés, luego de su participación en el Programa de Formación, que en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera que la investigación científica es un proceso complejo destinado a resolver problemas de interés para las ciencias experimentales lo cual requiere del diseño y desarrollo de variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. Dependiendo del problema a resolver, existen múltiples caminos para abordar un proceso de investigación científica y por tanto la actividad científica no se da siguiendo un conjunto de pasos rígidos, caracterizados por puntos de partida y puntos de llegada perfectamente preestablecidos a la manera de un esquema teleológico y unidireccional.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico es el resultado de la interacción entre el sujeto en actitud cognoscente y la realidad, y que dicho conocimiento resulta ser alternativo al conocimiento de sentido común.
- Considera que en la investigación científica, la observación no es neutral, ésta depende de los cuerpos de conocimientos disponibles en la estructura cognitiva de quien resuelve una situación problemática de interés.
- Considera que el conocimiento científico es una construcción permanente y provisional que hacemos las personas sobre la realidad natural y social. Las teorías

científicas son producto del progreso en la investigación científica, son siempre provisionales y no constituyen en sí mismas la realidad.

- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico tiene un estatus temporal, los conceptos y las teorías asociadas con ellos cambian permanentemente, lo que genera cambios en las concepciones que desde el mundo de la ciencia se pueden hacer sobre la realidad natural o social. El conocimiento científico cambia en la medida en que los cuerpos de conocimiento elaborados desde teorías científicas así también lo van haciendo.
- Considera que en la observación de la realidad es imposible evitar deformaciones que puede introducir el observador.
- Se muestra de acuerdo con que el experimento científico es una concreción parcial o completa de las teorías el cual hace parte de las estrategias diseñadas para resolver problemas, requiere de técnicas y habilidades para su ejecución, y se trata de intentos que se ponen a prueba para validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico surge por el interés de solucionar por parte de las comunidades científicas situaciones problemáticas de interés. Las respuestas (conceptuales o prácticas) a dichas situaciones, son en muchas ocasiones una alternativa para dar respuestas a necesidades sentidas por las sociedades en general (cultura).
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico se fundamenta en teorías y en consecuencia se hace necesario que los investigadores revisen el trabajo elaborado por ellos mismos y por otros investigadores, de forma que sirva de referente para los propósitos de una nueva investigación.
- Considera que las hipótesis son modos de evaluar la coherencia entre la teoría, los procedimientos seguidos mediante estrategias y técnicas, los resultados de la teoría y los objetos de estudio.
- Considera que la investigación científica es adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre la concepción teórica que fundamenta el problema y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.
- Se muestra muy de acuerdo con que una investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de ser modificados.

En consecuencia con los resultados destacados anteriormente, podemos afirmar que Inés, en cuanto a sus concepciones sobre la ciencia y sobre la actividad científica, manifiesta un cambio epistemológico trascendental, habiendo pasado de posiciones realistas, inductivistas y positivistas (acepta el método científico como el método para orientar la investigación científica, el conocimiento existe por fuera de nosotros y existe a priori en la realidad, las teorías científicas son verdaderas si explican la realidad, las teorías una vez se ajustan a la realidad adquieren un estatus definitivo, observar diferente a como se observa cotidianamente es clave para comprender la ciencia, una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad, las hipótesis no ayudan a definir si una teoría es verdadera o es falsa) hasta posiciones más acordes con los resultados de la epistemología constructivista (la investigación científica es un proceso mediante el cual elaboramos conocimientos para explicar la realidad, en la investigación científica no se sigue un camino único pues éste en gran parte depende de la naturaleza y de las condiciones de los problemas que se abordan, la observación es teóricamente fundamentada, el conocimiento científico cambia en la medida que cambiamos nuestras concepciones (teorías, ideas y prácticas) sobre el mundo, las hipótesis son síntesis creativas que nos permiten dar forma a problemas de investigación, los resultados de una investigación científica son siempre provisionales).

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en Inés que:

- Se muestra muy de acuerdo con que la ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos.
- Considera que la ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y del equilibrio natural y físico, abordando problemas de interés que ayuden a solucionar diversos aspectos aunque muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)
- Considera que la ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica, y que a lo largo de la historia de la humanidad han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas de los conocimientos procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.
- Se muestra de acuerdo con que los resultados obtenidos por la investigación científica, tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos

teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.

- Se muestra de acuerdo con que una nueva teoría científica trata de ser más coherente, predictiva y explicativa, procurando solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas respecto a teorías anteriores.
- Considera que la verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.
- Se muestra muy de acuerdo con que en el difícil camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.
- Considera que los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un cierto contexto cultural y por tanto hacen parte de una sociedad y que buena parte de los problemas de investigación a tratar desde el conocimiento científico son el resultado de intereses sociales, políticos, económicos, etc.
- Considera que a lo largo de la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia, especialmente desde cuando las sociedades han favorecido mayores espacios para su educación y participación en las diversas actividades del mundo del trabajo.

En este aspecto también es posible evidenciar un cambio paradigmático importante en Inés en relación con sus concepciones acerca de la historia de la ciencia y de su impacto en el desarrollo del conocimiento científico, habiendo pasado de posturas historiográficas (la ciencia históricamente se ha dado por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas excepcionales, la ciencia es exacta, la historia de la ciencia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando a lo largo del tiempo, un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas) hasta posturas más historicistas (las teorías científicas progresan cuando mejoran su capacidad explicativa, el desarrollo de la ciencia se favorece cuando surgen nuevas teorías más explicativas y con mayor poder predictivo, la ciencia progresa siempre en relación con el desarrollo del contexto social, las mujeres y hombres que aportan al desarrollo del conocimiento científico son personas dedicadas e interesadas en esta

empresa racional y no siempre sus resultados son los esperados, los conceptos y las teorías científicas cambian con el tiempo y por tanto tienen el estatus de provisionales, en el desarrollo de la ciencia muchas veces los avances no se dan con la agilidad que se espera).

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que Inés:

- Considera que antes de la instrucción, los estudiantes poseen conocimientos y destrezas.
- Se muestra muy de acuerdo con que entre el aprendizaje y la enseñanza hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre estos dos actos educativos.
- Considera que para favorecer el aprendizaje se requiere por parte del profesor un adecuado dominio de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña (conocimientos disciplinares y conocimientos metadisciplinares), y de conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar (conocimientos didácticos).
- Se muestra muy de acuerdo con que aprender ciencias implica la comprensión de contenidos conceptuales, de contenidos metodológicos, y de contenidos actitudinales. El dominio de estas tres clases de contenidos favorece el desarrollo de una cultura científica.
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.
- Se muestra muy de acuerdo con que la formación de un profesor de química corresponde a una investigación didáctica dirigida que favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada. Esta investigación parte de la consideración de las ideas espontáneas docentes y de los problemas a los que habitualmente nos enfrentamos los Profesores de Ciencias; implica tener en cuenta los conocimientos derivados de la investigación y la innovación Didáctica, los conocimientos derivados de la investigación en la materia a enseñar y las metodologías propias que favorecen la construcción de conocimientos didácticos.
- Se muestra muy de acuerdo con que en relación con contenidos y actividades, en la enseñanza de las ciencias prima la profundidad de contenidos sobre su extensión, la

enseñanza de las ciencias es una actividad práctica teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias, y un programa curricular se selecciona y se adapta según los niveles cognitivos y según los intereses de los estudiantes.

- En relación con estrategias didácticas, se muestra muy de acuerdo con que éstas han de favorecer el tratamiento científico de situaciones problémicas por parte de los alumnos apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio. Igualmente se muestra de acuerdo con estrategias que favorezcan el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos y con que la eficacia de la enseñanza depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y del “tiempo propio” que necesariamente deben invertir los estudiantes.
- En relación con la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje, se muestra muy de acuerdo con que esta ayuda a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor, que se trata de un instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo, que se centra en el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio y que ha de ser continua a lo largo del proceso.
- En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, considera que para un adecuado aprendizaje, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula, que el trabajo de los estudiantes debiera de realizarse en pequeños grupos cooperativos, que el profesor y los estudiantes son protagonistas en el aula pues abordan pequeñas investigaciones dirigidas por el profesor donde los estudiantes actúan como “investigadores noveles” y, que el profesor ha de abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo.

En general puede decirse que se evidencia un cambio importante en las concepciones de Inés en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias, pues ha pasado desde posiciones centradas en una didáctica tradicional de las ciencias (independencia entre la enseñanza y el aprendizaje, lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le comprendan, los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, un buen aprendizaje de las ciencias implica el conocimiento de una gran variedad de contenidos, la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en

el conocimiento de la materia a enseñar, un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, un curso se trata por igual independientemente de los estudiantes y de sus finalidades educativas, el modelo prevalente de enseñanza de las ciencias debe ser el explicativo, entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, la evaluación debe identificar si los estudiantes refieren contenidos conceptuales tal y como se le explicaron, la evaluación ha de darse al final de una unidad, el trabajo de los estudiantes debe ser preferentemente individual y que en todo caso, el profesor ha de ser el protagonista en el aula de clase) hasta posturas más próximas con la didáctica contemporánea de las ciencias (hay corresponsabilidad entre la enseñanza y el aprendizaje, el profesor ha de procurar una enseñanza que favorezca en los estudiantes cambios de orden conceptual, actitudinal y metodológico, no basta con saber la disciplina para ser un buen profesor pues se requieren conocimientos didácticos sobre la materia que se enseña, es preferible que los estudiantes elaboren unos pocos conocimientos con niveles adecuados de profundidad que se tratan progresivamente a lo largo de la formación, la formación de un profesor de ciencias es un proceso de consolidación de investigadores en enseñanza de las ciencias donde se favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada, la evaluación es un instrumento de ayuda para la mejora de la enseñanza, el aprendizaje y el currículo; el modelo prevalente de la enseñanza de las ciencias es el de investigación orientada, la calidad de la enseñanza de las ciencias es independiente del tiempo del que se dispone, la evaluación ayuda a reconocer tanto en profesores como en estudiantes las ayudas particulares que cada quien necesita y ésta se adelanta a lo largo de todo el proceso, los estudiantes y los profesores son co-protagonistas permanentes en el acto educativo).

PEDRO:

En general, podemos decir de Pedro, luego de su participación en el Programa de Formación, que en cuanto a sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia y sobre la actividad científica:

- Considera que la investigación científica es un proceso complejo destinado a resolver problemas de interés para las ciencias experimentales lo cual requiere del diseño y desarrollo de variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. Dependiendo del problema a resolver, existen múltiples caminos para abordar un proceso de investigación científica y por tanto la actividad científica no se da siguiendo un conjunto de pasos rígidos, caracterizados por puntos de partida y puntos de llegada perfectamente preestablecidos a la manera de un esquema teleológico y unidireccional.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico es el resultado de la

interacción entre el sujeto en actitud cognoscente y la realidad, y que dicho conocimiento resulta ser alternativo al conocimiento de sentido común.

- Considera que en la investigación científica, la observación no es neutral, ésta depende de los cuerpos de conocimientos disponibles en la estructura cognitiva de quien resuelve una situación problemática de interés.
- Considera que el conocimiento científico es una construcción permanente y provisional que hacemos las personas sobre la realidad natural y social. Las teorías científicas son producto del progreso en la investigación científica, son siempre provisionales y no constituyen en sí mismas la realidad.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico tiene un estatus temporal, los conceptos y las teorías asociadas con ellos cambian permanentemente, lo que genera cambios en las concepciones que desde el mundo de la ciencia se pueden hacer sobre la realidad natural o social. El conocimiento científico cambia en la medida en que los cuerpos de conocimiento elaborados desde teorías científicas así también lo van haciendo.
- Considera que en la observación de la realidad es imposible evitar deformaciones que puede introducir el observador.
- Se muestra muy de acuerdo con que el experimento científico es una concreción parcial o completa de las teorías el cual hace parte de las estrategias diseñadas para resolver problemas, requiere de técnicas y habilidades para su ejecución, y se trata de intentos que se ponen a prueba para validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías.
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico surge por el interés de solucionar por parte de las comunidades científicas situaciones problemáticas de interés. Las respuestas (conceptuales o prácticas) a dichas situaciones, son en muchas ocasiones una alternativa para dar respuestas a necesidades sentidas por las sociedades en general (cultura).
- Se muestra muy de acuerdo con que el conocimiento científico se fundamenta en teorías y en consecuencia se hace necesario que los investigadores revisen el trabajo elaborado por ellos mismos y por otros investigadores, de forma que sirva de referente para los propósitos de una nueva investigación.
- Considera que las hipótesis son modos de evaluar la coherencia entre la teoría, los

procedimientos seguidos mediante estrategias y técnicas, los resultados de la teoría y los objetos de estudio.

- Considera que la investigación científica es adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre la concepción teórica que fundamenta el problema y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.
- Se muestra muy de acuerdo con que una investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de ser modificados.

En consecuencia con los resultados destacados anteriormente, podemos afirmar que Pedro, en cuanto a sus concepciones sobre la ciencia y sobre la actividad científica, manifiesta un cambio epistemológico trascendental, habiendo pasado de posiciones realistas, inductivistas y positivistas (antes del inicio del Programa aceptaba el método científico como el método para orientar la investigación científica, el conocimiento existe por fuera de nosotros y existe a priori en la realidad, las teorías científicas son verdaderas si explican la realidad, una teoría científica es definitiva cuando explica la verdad de la realidad, la observación cotidiana es diferente de la observación científica y en ello radica la posibilidad de hacer ciencia, la ciencia estudia hechos casuales y novedosos de la realidad, una buena teoría se caracteriza por partir de hipótesis verdaderas derivadas de los hechos de la realidad) hasta posiciones más acordes con la epistemología constructivista (la investigación científica es un proceso mediante el cual elaboramos conocimientos para explicar la realidad, en la investigación científica no se sigue un camino único pues éste en gran parte depende de la naturaleza y de las condiciones de los problemas que se abordan, la observación es teóricamente fundamentada, el conocimiento científico cambia en la medida que cambiamos nuestras concepciones (teorías, ideas y prácticas) sobre el mundo, las hipótesis son síntesis creativas que nos permiten dar forma a problemas de investigación, los resultados de una investigación científica son siempre provisionales).

En cuanto a las concepciones sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, pudo identificarse en Pedro que:

- Se muestra muy de acuerdo con que la ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos.
- Considera que la ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y del equilibrio natural y físico, abordando problemas de interés que ayuden a solucionar diversos aspectos aunque muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines

(destrucción, hegemonía, etc.)

- Considera que la ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica, y que a lo largo de la historia de la humanidad han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas de los conocimientos procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.
- Se muestra de acuerdo con que los resultados obtenidos por la investigación científica, tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.
- Se muestra de acuerdo con que una nueva teoría científica trata de ser más coherente, predictiva y explicativa, procurando solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas respecto a teorías anteriores.
- Considera que la verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.
- Se muestra muy de acuerdo con que en el difícil camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.
- Considera que los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un cierto contexto cultural y por tanto hacen parte de una sociedad y que buena parte de los problemas de investigación a tratar desde el conocimiento científico son el resultado de intereses sociales, políticos, económicos, etc.
- Considera que a lo largo de la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia, especialmente desde cuando las sociedades han favorecido mayores espacios para su educación y participación en las diversas actividades el mundo del trabajo.

En este aspecto también es posible evidenciar un cambio paradigmático importante en Pedro en relación con sus concepciones acerca de la historia de la ciencia y de su impacto en el desarrollo del conocimiento científico, habiendo pasado de posturas historiográficas (la ciencia

progresa por acumulaciones de la experiencia sobre un objeto de estudio, el interés de la ciencia es mostrar el mundo matemáticamente, quienes aportan al desarrollo de la ciencia son personas excepcionales, la ciencia es exacta, la historia de la ciencia muestra cómo las teorías verdaderas se han ido acumulando a lo largo del tiempo, un buen trabajo científico se desarrolla sin traumatismos, el contexto social poco o nada tiene que ver con el desarrollo de las teorías científicas) hasta posturas más historicistas (las teorías científicas progresan cuando mejoran su capacidad explicativa, el desarrollo de la ciencia se favorece cuando surgen nuevas teorías más explicativas y con mayor poder predictivo, la ciencia progresa siempre en relación con el desarrollo del contexto social, las mujeres y hombres que aportan al desarrollo del conocimiento científico son personas dedicadas e interesadas en esta empresa racional y no siempre sus resultados son los esperados, los conceptos y las teorías científicas cambian con el tiempo y por tanto tienen el estatus de provisionales, en el desarrollo de la ciencia muchas veces los avances no se dan con la agilidad que se espera).

En cuanto a las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y a aspectos curriculares y de evaluación en la ciencia, se puede decir que Pedro:

- Considera que antes de la instrucción, los estudiantes poseen conocimientos y destrezas.
- Se muestra muy de acuerdo con que entre el aprendizaje y la enseñanza hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre estos dos actos educativos.
- Considera que para favorecer el aprendizaje se requiere por parte del profesor un adecuado dominio de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña (conocimientos disciplinares y conocimientos metadisciplinares), y de conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar (conocimientos didácticos).
- Se muestra muy de acuerdo con que aprender ciencias implica la comprensión de contenidos conceptuales, de contenidos metodológicos, y de contenidos actitudinales. El dominio de estas tres clases de contenidos favorece el desarrollo de una cultura científica.
- Considera que un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.
- Se muestra muy de acuerdo con que la formación de un profesor de química

corresponde a una investigación didáctica dirigida que favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada. Esta investigación parte de la consideración de las ideas espontáneas docentes y de los problemas a los que habitualmente nos enfrentamos los Profesores de Ciencias; implica tener en cuenta los conocimientos derivados de la investigación y la innovación Didáctica, los conocimientos derivados de la investigación en la materia a enseñar y las metodologías propias que favorecen la construcción de conocimientos didácticos.

- Se muestra muy de acuerdo con que en relación con contenidos y actividades, en la enseñanza de las ciencias prima la profundidad de contenidos sobre su extensión así como con que la enseñanza de las ciencias es una actividad práctica teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Se muestra de acuerdo con que un programa curricular se selecciona y se adapta según los niveles cognitivos y según los intereses de los estudiantes.
- En relación con estrategias didácticas, se muestra muy de acuerdo con que éstas han de favorecer el tratamiento científico de situaciones problémicas por parte de los alumnos apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio. Igualmente se muestra de acuerdo con estrategias que favorezcan el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos y con que la eficacia de la enseñanza depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y del “tiempo propio” que necesariamente deben invertir los estudiantes.
- En relación con la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje, se muestra muy de acuerdo con que esta ayuda a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor, que se trata de un instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo, que se centra en el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio y que ha de ser continua a lo largo del proceso.
- En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, considera que para un adecuado aprendizaje, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula, que el trabajo de los estudiantes debiera de realizarse en pequeños grupos cooperativos, que el profesor y los estudiantes son protagonistas en el aula pues abordan pequeñas investigaciones dirigidas por el profesor donde los estudiantes actúan como “investigadores noveles” y, que el profesor ha de abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de

un trabajo colectivo.

En general puede decirse que se evidencia un cambio importante en las concepciones de Pedro en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en ciencias, pues ha pasado desde posiciones centradas en una didáctica tradicional de las ciencias (independencia que existe entre la enseñanza y el aprendizaje, lo importante es que un profesor conozca el conocimiento que enseña para que sus estudiantes le comprendan, los estudiantes aprenden ciencias cuando apropian teorías y cuando desarrollan habilidades en el trabajo práctico de laboratorio, un estudiante aprende una buena ciencia cuando conoce una gran variedad de teorías, la formación de un profesor de ciencias debe fundamentarse en el conocimiento de la materia a enseñar, un buen curso de ciencias debe abarcar la mayor cantidad posible de contenidos, la enseñanza de las ciencias es una actividad práctica que se centra en explicar las teorías científicas, una buena estrategia de enseñanza es aquella donde los estudiantes aprenden a repetir fácilmente los conceptos y las prácticas científicas, entre más tiempo se tenga para la explicación mejor será el aprendizaje, la evaluación debe centrarse en la identificación de contenidos conceptuales en los estudiantes y ésta ha de darse al final de una unidad, el profesor es el protagonista en el aula y los estudiantes han de estar siempre pendientes de lo que dice y hace el profesor) hasta posturas más próximas con la didáctica contemporánea de las ciencias (hay corresponsabilidad entre la enseñanza y el aprendizaje, el profesor ha de procurar una enseñanza que favorezca en los estudiantes cambios de orden conceptual, actitudinal y metodológico, no basta con saber la disciplina para ser un buen profesor pues se requieren conocimientos didácticos sobre la materia que se enseña, es preferible que los estudiantes elaboren unos pocos conocimientos con niveles adecuados de profundidad que se tratan progresivamente a lo largo de la formación, la formación de un profesor de ciencias es un proceso de consolidación de investigadores en enseñanza de las ciencias donde se favorece la reflexión sobre el trabajo docente como actividad teóricamente orientada, la evaluación es un instrumento de ayuda para la mejora de la enseñanza, el aprendizaje y el currículo; el modelo prevalente de la enseñanza de las ciencias es el de investigación orientada, la calidad de la enseñanza de las ciencias es independiente del tiempo del que se dispone, la evaluación ayuda a reconocer tanto en profesores como en estudiantes las ayudas particulares que cada quien necesita y ésta se adelanta a lo largo de todo el proceso, los estudiantes y los profesores son co-protagonistas permanentes en el acto educativo).

6.1.1.2. Resultados obtenidos luego de la aplicación de las entrevistas finales.

Con el ánimo de triangular información, esto es, de identificar con diferentes métodos un mismo objeto de estudio, se planteó la necesidad de acompañar los resultados finales obtenidos luego de la aplicación de los cuestionarios indicados en el capítulo 5 (Q2-A, Q2-B y Q2-C): cuestionarios para la identificación de la epistemología docente innovadora de los profesores de ciencias dirigidos a la caracterización de concepciones y actitudes innovadoras sobre la ciencia y sobre la actividad científica, concepciones y actitudes innovadoras sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias, concepciones y actitudes innovadoras sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica, con entrevistas destinadas a profundizar en las respuestas dadas por los Profesores participantes del Programa de Formación. La entrevista constó de tres momentos, equivalentes cada uno al bloque de las concepciones anteriormente descritas.

La manera como se consideró la entrevista, fue la de hacer un análisis verbal con los profesores partiendo de los enunciados de las preguntas de los cuestionarios. Se presentan a continuación los resultados obtenidos individualmente y al final se desarrolla un análisis general de los mismos. La interpretación de estos resultados, se presentará con más detalle en el capítulo de conclusiones de esta memoria. Teniendo en cuenta que se ha encontrado un hilo conductor más o menos afín en cada una de las entrevistas, se transcribe a continuación la de Inés, no sólo por ser la única colega mujer que participó en esta investigación, sino porque sus respuestas muestran una tendencia interesante hacia el cambio didáctico esperado. En todo caso, en el anexo 2 de esta memoria, se transcriben las respuestas dadas por cada uno de los profesores universitarios de química intervenidos en esta investigación.

INÉS:

Entrevistador: Inés. Recordarás que hace unos días aplicamos algunos cuestionarios donde

tuviste oportunidad de manifestar tus grados de acuerdo o de desacuerdo en relación con varias proposiciones. Me gustaría saber si quisieras profundizar un poco en cada una de las cuestiones allí planteadas.

Inés: Me parece muy bien.

Entrevistador: De acuerdo. La investigación científica es un proceso complejo donde, con el ánimo de resolver problemas de investigación, se diseñan y desarrollan diferentes variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. En consecuencia, existen múltiples metodologías y estrategias para resolver un problema de interés para el conocimiento científico.

Inés: Siempre nos habían enseñado, y yo había enseñado, que la ciencia, para evitar pérdidas en los alumnos, se hacía siguiendo un camino único, lo que habitualmente llamamos el método científico. Sin embargo, si miramos en detalle cómo es que trabajan los científicos, en realidad si reflexionamos cómo hacemos nuestras investigaciones y cómo adelantamos nuestros proyectos, podemos evidenciar que no se trata de caminos únicos... dependiendo de la investigación, debemos seguramente replantear objetivos, hipótesis, revisar nuevos planteamientos teóricos previos antes no considerados, diseñar y realizar variados trabajos experimentales, en fin, creo que ya no puedo hablar de investigación científica con mis alumnos enseñándoles unos pasos... entre otras cosas, yo recuerdo que cuando debía dar este tema a los estudiantes e la Universidad, la evaluación consistía en que me dijeran cada paso del método científico y la definición de cada uno de ellos... para mi conciencia, lo bueno es cambiar, pero me gustaría tener esos alumnos conmigo nuevamente para compartir con ellos ese tema de manera diferente...

Entrevistador: Los conocimientos acerca del mundo son producto de nuestras interacciones entre cuerpos de conocimientos progresivamente elaborados por las comunidades científicas especializadas que nos sirven de soporte y de fundamentación, y la porción de una realidad natural o social que se problematiza y estudia.

Inés: Los conocimientos son resultados de nuestros inventos, los cuales van desde elaboraciones de nuevas ideas hasta nuevas aplicaciones prácticas que en muchas ocasiones, van más allá de un salón de trabajo experimental y por tanto alcanzan a la sociedad en general. Como nuestra actividad indagadora es permanente, es muy probable que los conocimientos que tenemos cambien dramáticamente, entonces cambian nuestros imaginarios sobre el mundo... entonces sí puedo pensar que nuestros conocimientos son el resultado del encuentro entre nuestras ideas y nuestras prácticas con el mundo... o con aspectos particulares del mundo sobre los cuales deseamos comprender y explicar...

Entrevistador: La observación no es neutral, pues depende de nuestros conocimientos e ideas previas.

Inés: Este es un aspecto que me ha impactado mucho después de haber logrado replantear mis ideas sobre el método científico... antes pensaba que toda investigación científica partía de la observación y en general de lo que percibieran nuestros sentidos, pero entonces ¿cómo llegar a percibir los átomos por ejemplo?... Es más factible pensar que cuando me hago ideas sobre el mundo, y me voy convenciendo de ellas, voy haciéndome imágenes que influyen sobre mis sentidos. Vimos varios ejemplos entre nosotros mismos, donde pudimos comprobar que efectivamente cada uno de nosotros ve los problemas del mundo en forma diferente, todo porque partimos de ideas y de teorías que si bien se parecen entre sí, también tienen sus diferencias... entonces, un propósito educativo es aceptar que nuestros alumnos llegan viendo el mundo y los objetos que queremos estudiar probablemente con muchas ideas diferentes, y se trata entonces de unificar ideas cuando ellos empiezan a aprender teorías científicas más o menos generalizadas y aceptadas por las comunidades científicas... bueno, por una buena parte de la comunidad científica...

Entrevistador: El conocimiento científico siempre está en permanente construcción y por tanto tiene el carácter de provisional y no constituye en sí mismo la realidad.

Inés: Como creo que lo expresé y lo he dicho a lo largo de las sesiones del seminario... nuestras ideas cambian permanentemente y por tanto los conocimientos que vamos consolidando a partir de ellas, también cambian. Esto explica el avance y la transformación de la ciencia... incluso muchas veces las nuevas teorías son muy diferentes a las anteriores, todo porque nuestras formas de pensar parten de puntos de vista muy diferentes. Creo que es bueno siempre hablar de teorías provisionales, ello nos ayuda a generar un espíritu indagador, precisamente porque siempre están abiertas las puertas para enfrentar nuevos retos... en cambio, creo que una de las razones del por qué no interesamos mucho a nuestros estudiantes para que no solo aprendan teorías establecidas sino para que investiguen y procuren crear nuevos conocimientos, es porque ¿para qué investigar sobre algo que ya está resuelto? Y por otra parte, si nuestros conocimientos surgen de lo que razonamos y colectivamente vamos construyendo, entonces, las teorías científicas no describen la realidad, por el contrario la explican, la predicen y la transforman...

Entrevistador: Dado que las teorías científicas se desarrollan permanentemente, nuestras concepciones sobre el mundo no son siempre las mismas.

Inés: Claro... a lo largo de nuestra historia, hemos hecho grandes cambios en nuestras concepciones, grandes revoluciones que ojala siempre fueran pacíficas... bueno en la ciencia casi siempre ha sido así a pesar de las evidencias de las grandes polémicas suscitadas

justamente cuando se enfrentan defensores de teorías que se apoyan en ideas un tanto contrarias... En todo caso, sí considero que nuestras ideas cambian y por tanto cambian nuestras teorías sobre el mundo.

Entrevistador: En la observación de la realidad es imposible evitar algunas deformaciones que puede introducir el observador, dependiendo de sus ideas, experiencias y conocimientos previos.

Inés: Como lo he dicho, nuestras observaciones y demás sensaciones sobre el mundo dependen de nuestras ideas, como lo vimos en el seminario... vemos con anteojos conceptuales pre-determinados, entonces no podemos esperar ver la realidad objetivamente sino que la vemos como queremos que sea. Ahora yo no creo que sean deformaciones, son más bien puntos de vista diferentes justamente debidos a ideas de partida diferentes.

Entrevistador: El experimento científico hace parte de las estrategias que ponemos en marcha en un proceso de investigación científica, incluye el desarrollo de habilidades técnicas para su ejecución y nos ayuda a plantear nuevos problemas de estudio o a validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías científicas.

Inés: Estas ideas que se proponen en la pregunta creo que son muy importantes para lograr poner en práctica en la educación científica... en la investigación científica sabemos que el experimento no ocupa un orden específico, podemos iniciar la caracterización de un problema replicando un experimento, pero podemos diseñar y desarrollar muchos trabajos experimentales más a lo largo de una investigación, incluso muchos de ellos podemos rechazarlos y podemos a veces incorporar unos nuevos que al inicio del proyecto no habíamos supuesto... todo depende de la naturaleza y de la complejidad del problema... En cambio en educación lo hacemos muy pre-determinado, casi siempre damos el contenido en la clase y luego lo corroboramos o lo complementamos con un trabajo experimental... claro que estas metodologías reforzaban la idea de un método único en la ciencia... primero observar el problema, después estudiar lo que se ha hecho sobre él, luego experimentar, y así sucesivamente...

Entrevistador: El conocimiento científico surge por el interés de las comunidades científicas de solucionar situaciones problemáticas que emergen del mundo natural o social o de las ideas propias de dichas comunidades. Las respuestas a dichas situaciones, son en muchas ocasiones, una alternativa para dar respuesta a las necesidades de las personas en general.

Inés: Al fin de cuentas las personas que trabajamos y vivimos de la ciencia, somos personas que pertenecemos a la sociedad. Por eso los problemas que surgen y que son interesantes para la ciencia, no siempre provienen de lo que se nos ocurre en nuestras oficinas o en

nuestros laboratorios, también pueden originarse de lo que nos sucede en la sociedad o de lo que reclama la sociedad...

Entrevistador: El conocimiento científico se fundamenta en teorías científicas y por tanto los científicos revisan el trabajo que ellos mismos u otros elaboran al momento de emprender la tarea de solución de problemas.

Inés: Nuestras investigaciones para solucionar problemas no comienzan de cero... si bien nuestras ideas previas juegan un papel muy importante y por ello debemos considerarlas, también tenemos que tener en cuenta los avances que otros han hecho en el pasado... si no sería como siempre pretender comenzar de nuevo... por eso, un nuevo problema para mí implica considerar mis ideas iniciales, ubicarlas respecto a teorías que otros o que nosotros mismos hemos construido, y procurar fundamentarnos en ellas para intentar pasara a solucionar el problema. En conclusión, para resolver problemas de interés para la ciencia, siempre partimos de ideas previas y de conocimientos previos, que al conjugarlos entre sí probablemente nos permiten cambiar o consolidar nuestras ideas para partir así de una base segura para encarar la solución del problema...

Entrevistador: Las hipótesis científicas nos ayudan a evaluar la coherencia entre los objetos de estudio, la teoría, las metodologías seguidas en forma de técnicas y estrategias y los resultados alcanzados.

Inés: Las hipótesis son muy importantes en la investigación científica porque nos ayudan a precisar el problema y de paso, a prever las estrategias para su desarrollo. Yo las veo como un puente entre la fundamentación del problema y las metodologías para su resolución, así como un parámetro de referencia para analizar las conclusiones que se pueda obtener. En todo caso, so no son como las sugiere la lógica del método científico... como una organización de hechos observables del mundo, considerando a priori una situación que pasa en el mundo y que se prevé seguirá ocurriendo...

Entrevistador: Una investigación científica se considera adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre una concepción teórica que fundamenta la situación problémica y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.

Inés: Teniendo en cuenta lo que decía anteriormente, el resultado de una investigación no puede aparecer como por arte de magia... las conclusiones que se obtienen deben ser coherentes con la fundamentación utilizada, o sea con los conocimientos que hemos usado para apoyar la solución del problema. De igual forma, las conclusiones obtenidas deben ser coherentes con la metodología empleada... en otras palabras, todo debe estar perfectamente

relacionado: el problema, la fundamentación teórica de partida, las estrategias utilizadas, los experimentos realizados, la información obtenida, el análisis de esa información para ser convertida en nuevo conocimiento...

Entrevistador: La investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, estos resultados por lo general son dinamizadores para la apertura a nuevas investigaciones derivadas de las anteriores.

Inés: Hemos dicho que nuestras teorías son siempre provisionales... hoy utilizando un cierto conocimiento podemos resolver apropiadamente un problema, mañana ese mismo conocimiento a lo mejor ya no es tan útil pues las condiciones del problema han cambiado. Además, los resultados que se alcanzan en la ciencia siempre sirven como puntos de referencia para iniciar nuevas investigaciones, en la ciencia nunca la resolución de un problema cierra un programa de investigación, por el contrario, casi siempre lo continúan o abren nuevas puertas para nuevos programas de investigación...

Entrevistador: La ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos. Por tanto, el avance de la ciencia se debe en gran medida a rupturas débiles o fuertes entre modelos teóricos más recientes respecto a modelos del sentido común o respecto a modelos teóricos anteriores.

Inés: Casi se puede decir que la ciencia no progresa linealmente, las teorías actuales no son el desarrollo evolutivo de muchas teorías anteriores sino producto de rupturas respecto a las teorías anteriores. Claro que no puede afirmarse que siempre sea así, hay casos en que una teoría se completa con nuevos conocimientos siempre y cuando esa teoría siga siendo útil para resolver eficazmente los problemas de su interés... pero también encontramos muchos casos donde justamente por las dificultades de una teoría para resolver problemas de su interés, se hace necesaria la elaboración de una nueva teoría.

Entrevistador: La ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y a la preservación de un equilibrio dinámico entre lo natural, lo físico y lo social, abordando problemas de interés que ayudan a solucionar diversos aspectos. Sin embargo, muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)

Inés: Los problemas de interés para la ciencia surgen como hemos pensado aquí, tanto de iniciativas de los propios científicos como de necesidades sentidas de la sociedad. El ánimo de la ciencia es procurar resolver esos problemas y creo yo, que casi siempre con fines altruistas, siempre pensando en el beneficio de todos. Sin embargo, al fin de cuentas entre humanos estamos, y no se sabe con certeza qué aplicaciones se le podrían dar en el futuro a los avances de la ciencia. En ocasiones estos utilizan con propósitos de dominación o de

daño, pero insisto, creo que ese no es el ideal de la ciencia.

Entrevistador: La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica que a lo largo de la historia han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas, procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.

Inés: Completamente de acuerdo, la ciencia se construye a partir del interés por la investigación científica que manifiestan hombres y mujeres. Muchas veces son los prejuicios sociales los que no nos han hecho creer que la ciencia es solo cosa de hombres, de hecho está demostrado que las complejidades de la ciencia han podido ser resueltas tanto por hombres como por mujeres, que las capacidades de nuestros cerebros son más o menos equivalentes.

Entrevistador: Los resultados obtenidos por la investigación científica tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.

Inés: La provisionalidad de las teorías depende del tiempo durante el cual éstas puedan explicar satisfactoriamente ciertos problemas, es más... como vimos en algunos argumentos de pensadores en filosofía de la ciencia, los científicos no tenemos la tendencia a buscar derrumbar teorías, y sí más bien a procurar defenderlas hasta donde sea posible... cuando las circunstancias son insostenibles, es decir, cuando ya los problemas a solucionar y no poder hacerlo desde una teoría son abrumadores, es cuando pasamos a creer que es necesario proceder a inventar nuevas teorías que puedan solucionar esos problemas no resueltos por las predecesoras.

Entrevistador: Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas y avances respecto a teorías anteriores.

Inés: Esto es plausible siempre y cuando sea necesario elaborar y poner a prueba una nueva teoría científica. En este caso, se necesita que la nueva teoría demuestre que puede explicar mejor los problemas pendientes por resolver, pero imaginémonos que no lo puede hacer, entonces esa nueva teoría ni siquiera va a ser considerada como científica y se seguirá insistiendo en teorías anteriores que si bien tienen problemas pendientes por resolver, seguramente otros ya los ha logrado solucionar y por ello se les ha aceptado temporalmente. Yo diría esto así, en la ciencia se prefiere no cambiar de teoría si la nueva no soluciona lo que las anteriores no han logrado resolver; solo nos decidimos cambiar de teoría cuando

efectivamente ésta prueba ser más explicativa y más predictiva.

Entrevistador: La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.

Inés: Nunca una teoría científica tiene el estatus de definitiva, porque en la medida que se dan los avances de la ciencia, nuestras pretensiones sobre el mundo y los problemas que planteamos cambian. En todo ello es posible que nuestras ideas y nuestras teorías temporalmente aceptadas más adelante ya no lo sean, por ello no podemos afirmar que los resultados de las teorías científicas son inmodificables y por eso mismo no podemos afirmar que sus resultados son completamente verdaderos. Tal y como lo abordamos en el Seminario, es preferible referirnos a teorías más explicativas que otras, pero no a teorías verdaderas o a teorías falsas. Los aspectos que hemos tenido oportunidad de estudiar acerca de la historia de la química, nos demuestran estas situaciones... la teoría del flogisto no pasó de ser verdadera a ser falsa, mejor podríamos decir que perdió poder explicativo cuando no pudo solucionar problemas asociados con el cambio en el peso de las sustancias antes y después de ser sometidas a calcinación o a reducción.

Entrevistador: En el difícil y espinoso camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante, pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.

Inés: Nuestras teorías científicas como hemos dicho, son provisionales en la medida que ello depende de su capacidad explicativa. En tanto nos ayuden satisfactoriamente a resolver los problemas planteados, nos serán de utilidad. Pero como reconocemos de la historia de la ciencia, en ocasiones los problemas desbordan las teorías y es allí cuando surgen nuevos movimientos que se consolidan en la construcción de nuevas teorías, las cuales se irán aceptando en las comunidades científicas en función de su poder explicativo y de su lógica y coherencia interna... pero también suele pasar que los problemas no se resuelven de manera automática, es decir, no basta con iniciar la solución de un problema fundamentándonos en una teoría plausible, a veces nos enfrentamos con problemas técnicos que retardan la solución del problema. Creo que la historia de la ciencia nos muestra diversidad de casos y de situaciones que muestra las razones de nuestras dificultades para solucionar problemas y para consolidar cuerpos teóricos de conocimientos. De todo esto lo importante es desmitificar esa idea que los científicos no tienen problemas para resolver los problemas, que basta con pensar en su solución y con unas cuantas experiencias de trabajo de laboratorio y que el asunto está resuelto... no solo tenemos muchos problemas (de ello se vive en la ciencia), sino

que la solución de los problemas requiere atravesar caminos difíciles, bien por las dificultades que tienen nuestras teorías, bien porque no hemos desarrollado más y mejores ideas, o bien por las limitaciones técnicas que nos impiden muchas veces alcanzar la solución rápida y exitosamente...

Entrevistador: Los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un contexto cultural y por tanto son parte de la sociedad. Buena parte de los problemas de investigación que aborda la investigación científica surgen de intereses sociales, políticos, económicos, etc.

Inés: Creo que algo al respecto mencionaba anteriormente... aunque suene obvio, es importante recordar que los científicos y las científicas son personas, por tanto hacen parte de determinados contextos sociales y siempre para que sus aportes sean considerados, se requiere que cuando menos, una parte de la sociedad como lo son las comunidades científicas especializadas, avale sus ideas o los resultados de sus trabajos. En otras palabras, la ciencia no es hecha por personas que de vez en cuando produce excepcionalmente la naturaleza, que vienen, dejan sus aportes y esperar hasta que más adelante vuelva y suceda lo mismo...

Entrevistador: Gracias a la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia.

Inés: Una cosa es que la exclusión social de nuestras culturas haya minimizado el papel y el trabajo de las mujeres en el contexto científico y otra cosa que se considere que no tenemos la suficiente capacidad para emprender una empresa racional como la científica. Afortunadamente en la actualidad es posible identificar innumerables ejemplos de mujeres que hacen parte de las comunidades científicas especializadas y que hacen aportes muy importantes para el avance de la ciencia y para la solución de problemas de interés general. Pero mirando en retrospectiva, la historia de la ciencia efectivamente nos da ejemplos del tesón de muchas mujeres que incluso en contra de los principios culturales de la época, se abrieron paso para ser reconocidas por su talento y liderazgo para hacerse reconocer en las comunidades científicas... todo ello a pesar de la restricción que había para que las mujeres pudiésemos incluso acceder a estudios superiores en campos de la ciencia.

Entrevistador: Incluso antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes poseen ideas, conocimientos y destrezas.

Inés: Considero que cuando nos enfrentamos a la solución de un problema desde el contexto de un programa de investigación científico, debemos tener en cuenta dos aspectos muy importantes como punto de partida, el primero, los conocimientos previos, o sea todos aquellos conocimientos que se han ido consolidando a lo largo de la historia de la ciencia y que creemos nos resultan ser útiles para la solución del problema que tenemos entre manos...

y el segundo nuestras ideas, creencias y esquemas de acción de partida, las cuales son muy importantes porque podrían ayudar a dinamizar o a obstaculizar una u otra estrategia concebida para la solución del problema. En lo educativo, esto tiene a mi modo de ver mucha importancia, porque de ello depende el éxito o no de los aprendizajes de los alumnos... la ciencia se fundamenta muchas veces en ideas diferentes a las del sentido común lo que equivale a decir que para resolver un problema coherentemente con la ciencia, debemos superar nuestras ideas cotidianas... si las identificamos las hacemos explícitas, no solo comprendemos cuándo las cambiamos por otras ideas sino que aprendemos a saber cómo cambiarlas... y ello ayuda mucho como ahora lo percibo, a mejorar los aprendizajes de la ciencia.

Entrevistador: Entre el aprendizaje y la enseñanza (entendida ésta última como ayuda para el aprendizaje) hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.

Inés: Esto es indudable aunque reconozco que esto constituyó un choque entre mis ideas previas sobre la enseñanza y las nuevas ideas que tuve que elaborar al respecto, ahora fundamentadas en los desarrollos de la investigación en educación científica... pienso que son dos aspectos de la educación que se entrelazan permanentemente, la enseñanza no es ahora la única causa del aprendizaje... y el aprendizaje no solo se produce por un acto de enseñanza. Son dos aspectos donde hay corresponsabilidad porque la enseñanza propicia el aprendizaje y evaluar la calidad de los aprendizajes implica considerar las características de la enseñanza... ahora que he empezado a revisar mis planteamientos como profesora de bioquímica pienso no solo en los contenidos teóricos y prácticos que voy a enseñar sino en los tipos de aprendizaje que quiero que alcances mis estudiantes.

Entrevistador: Para favorecer el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes, se requiere por parte del profesor conocer, además de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña, conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar.

Inés: Creo que se necesita del dominio de una variedad de conocimientos, es decir, no solo de los conocimientos de las teorías científicas vigentes que enseñamos, sino de la no vigentes, de todas aquellas teorías que en un momento dado fueron usadas para resolver problemas... es muy importante que los estudiantes también las dominen para que comprendan los diferentes marcos conceptuales que hemos desarrollado para resolver problemas de interés científico y para que aprecien la rigurosidad del trabajo de los científicos y que muchas veces ha conducido al replanteamiento parcial o total de modelos teóricos... pero también se requiere que los estudiantes comprendan cómo se ha elaborado el conocimiento científico y cómo se elabora en la actualidad, y por eso es muy importante que el

profesor conozca acerca de las reflexiones epistemológicas sobre el conocimiento científico. Los estudiantes no solo deben aprender una buena ciencia sino también deben ser conscientes de sus propósitos, de cómo se elabora y de qué significa el conocimiento científico. Pero por su fuera poco (risas)... debemos también conocer significativamente acerca de la didáctica de las ciencias, es decir de todos los conocimientos relacionados con la enseñanza, ya que esto no es solo la aplicación mecánica de un conjunto de reglas acerca de cómo presentar los contenidos a los estudiantes...

Entrevistador: Aprender ciencias implica tener cambios conscientes en el dominio de contenidos conceptuales (conceptos, teorías y principios), de contenidos metodológicos (modos de producción, estrategias y técnicas propios de la ciencia), y de contenidos actitudinales (predisposiciones de la persona hacia la ciencia, el aprendizaje de la ciencia y la implicaciones sociales de la ciencia).

Inés: Creo que aprender ciencias implica lograr dos propósitos fundamentales, uno, que sea significativamente, es decir, que nos diga algo, que nos signifique algo, que lo pueda aplicar efectivamente en diversas circunstancias escolares y extra-escolares; dos, que sea el producto no solo de la asimilación de buenas explicaciones sino de actos conscientes de elaboración por parte de los estudiantes, donde ellos y ellas efectivamente sienten que viven cambios en lo conceptual, en lo actitudinal y en lo práctico... Esto lo digo porque como bien lo pudimos extraer de autores que hacen magníficos aportes sobre el problema del aprendizaje significativo, éste se puede lograr por la vía de las buenas explicaciones... pero ello no necesariamente conduce a que se cambien nuestros puntos de vista sobre el mundo, nuestras predisposiciones sobre cómo resolver problemas o nuestros esquema de acción para proceder para la solución de problemas...

Entrevistador: Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de unos cuantos contenidos fundamentales de la ciencia abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.

Inés: A la pregunta sobre si muchos conocimientos aprendidos débilmente o pocos conocimientos aprendidos claramente, prefiero lo segundo. Es más... creo que si un estudiante aprende a aprender, solucionando problemas y siendo consciente que ello implica cambios permanentes en sus formas de pensar, de sentir y/o de actuar, puede por sí mismo, ya en su vida profesional, aprender sobre aspectos que no necesariamente fueron tratados durante su experiencia como estudiantes.

Entrevistador: La formación inicial y continuada de un profesor de química es una investigación didáctica ya que para enseñar, deben aprenderse cuerpos de conocimientos, actitudes y procedimientos acerca de cómo enseñar.

Inés: Ahora lo veo de este modo: aprender es sinónimo de resolver efectivamente problemas, y al menos en el caso de las ciencias, la solución de problemas implica el desarrollo de estrategias de investigación. Eso significa que investigamos en el aula... para que se logren aprendizajes significativos en los estudiantes y que investiguemos para que se logren nuevos desarrollos teóricos o experimentales que satisfacen la solución de problemas de interés científico. Y como ha sucedido en nuestro caso, aprender acerca de la didáctica de las ciencias, implica habernos sometido a experimentar una investigación en educación científica e implica que de aquí en adelante nuestro papel no es tanto el de explicarle muy bien a los estudiantes, sino el de dirigirlos para que a través de la resolución de problemas de investigación interesantes, ellos aprendan ciencia elaborándola conscientemente... claro, en ocasiones durante este proceso será preciso hacer explicaciones que muestren el camino por dónde ir... pero en realidad eso es lo que hacemos siempre en la ciencia, ante un problema que estamos resolviendo, buscamos ideas de otros para tomar decisiones por dónde continuar... entonces la explicación no es la única actividad que usamos para aprender, es apenas otra actividad dentro de un conjunto de acciones que seguimos para que en realidad elaboremos conocimientos en lo conceptual, en lo actitudinal o en lo práctico... o en los tres...

Entrevistador: La comprensión de los conocimientos científicos exige tiempo y tratamientos en profundidad. Es necesario, pues, seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que es importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de las ciencias y no proporcionan conocimientos durables.

Inés: Creo que es claro y de ello debemos ser conscientes, que aprender y enseñar no es fácil. Bueno, si enseñar es solo contarle a otro lo que uno sabe y aprender es solo escuchar lo que otros me cuentan, a lo mejor entonces sí son procesos fáciles... pero enseñar mediante la orientación sobre problemas y basados en conocimientos con niveles crecientes de complejidad y aprender por la vía de resolver consciente y críticamente problemas, son procesos que exigen mayores niveles de exigencia en nuestras habilidades de pensamiento y de acción... por eso pienso ahora que el éxito del aprendizaje, significa entre otras cosas, no deformar la imagen de la ciencia y favorecer cambios durables en nuestras concepciones y en nuestras prácticas que nos ayudan a solucionar problemas de interés científico...

Entrevistador: La enseñanza de las ciencias es una actividad práctica y teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Dicha práctica puede ser innovadora a lo largo de todo el proceso.

Inés: La enseñanza de las ciencias es una actividad profesional, es decir, se fundamenta en conocimientos... y como todo conocimiento científico surge de nuestros progresos para resolver problemas sobre cómo enseñar y cómo aprender ciencias. Los resultados de estos

progresos se han acuñado en lo que se llama la Didáctica de las Ciencias, así que cuando ponemos a prueba nuestras ideas sobre la enseñanza de las ciencias, debemos acudir a nuestras ideas previas y a los conocimientos previos elaborados a lo largo de la historia en este campo del conocimiento. Es como cuando pienso yo en cómo resolver un problema de interés para la bioquímica, pienso en mis ideas previas sobre el problema y en los conocimientos previos de las teorías bioquímicas que pienso yo me serán de utilidad para enfrentar la solución del problema... ello hace que las actividades no sea rutinarias y sí por el contrario innovadoras, porque no me quedo simplemente en la idea de replicar una técnica sino de encontrar nuevos caminos... de esta forma la enseñanza deja de ser un oficio y pasa a ser una actividad innovadora.

Entrevistador: Una secuencia de contenidos científicos debe seleccionarse y adaptarse según los niveles cognitivos y los intereses de los estudiantes.

Inés: Creo que la clave es la pretensión del problema, de su alcance. Su profundización debe estar adaptada a las posibilidades cognitivas de los estudiantes, y ello depende de la decisión de hasta dónde queremos llegar... y algo que siempre debe ser una constante, es que el problema sea lo suficientemente interesante para los alumnos.

Entrevistador: Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor es capaz de desarrollar estrategias que favorecen el tratamiento científico de situaciones problemáticas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.

Inés: En el caso de las ciencias, la inconsistencia entre la producción de conocimiento científico y la educación en ciencias, es que habitualmente van por caminos diferentes. La producción científica se hace mediante la investigación científica, mientras que la enseñanza de las ciencias se hace mediante la explicación y la transmisión. Para resolver esta situación, creo que debe homologarse la producción científica y el aprendizaje de las ciencias, y ello es posible si en ambos casos se toma la vía de la investigación, una entre expertos y principiantes o novatos dirigida a elaborar nuevos conocimientos o nuevas prácticas para quienes aprenden aunque ya avaladas por las comunidades especializadas, y otra entre expertos y novatos, aunque menos novatos, dirigida a elaborar nuevos conocimientos o nuevas prácticas, novedosas para todos, incluso para los directores de las investigaciones.

Entrevistador: Una buena estrategia de enseñanza de las ciencias debiera favorecer el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos.

Inés: En el contexto del aprendizaje de las ciencias por resolución de problemas, el papel de los estudiantes no puede ser pasivo, el trabajo en equipos, la discusión argumentada entre ellos, el aporte de información valiosa a lo largo de todas las actividades, debe ser una constante. Y todo esto siempre pensado en que la finalidad debe ser que los estudiantes elaboren sus propios conocimientos científicos, compatibles con los aceptados y reconocidos por las comunidades científicas a lo largo de su historia.

Entrevistador: La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y su calidad implica conceder “un tiempo propio” que necesariamente deben invertir los estudiantes.

Inés: Elaborar conocimientos requiere más esfuerzo y más tiempo que asimilar información... así mismo un buen proceso de enseñanza de las ciencias debe favorecer estrategias que privilegian la investigación científica como camino para aprender ciencias. La suma de estas consideraciones debe permitirnos innovar permanentemente, pensando en actividades de enseñanza equivalentes a procesos de investigación científica, reconociendo que sus resultados no son inmediatos son que van consolidándose a lo largo de todo el proceso.

Entrevistador: Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe contribuir a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor.

Inés: Si el objetivo de la educación en ciencias es que los alumnos elaboren significativamente conocimientos científicos, no tiene sentido que la evaluación persiga identificar la cantidad de conocimientos almacenados por los estudiantes. Debe más bien identificar todo el proceso de investigación que se sigue, lo que incluye desde las estrategias utilizadas por el profesor hasta las actividades y los resultados alcanzados por los alumnos.

Entrevistador: La evaluación debe servir como instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo.

Inés: Sí creo que esto debe ser así, porque una educación en ciencias pensada en la formación de personas con predisposiciones positivas hacia la ciencia, con espíritu científico y con habilidades para resolver problemas de interés científico, requiere la revisión permanente de todo el acto educativo, de sus finalidades, de los conocimientos que se enseñan, de la manera como se secuencian, de las actividades de enseñanza, de los logros de los estudiantes, de la evidencia de sus competencias científicas...

Entrevistador: La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe centrarse en la identificación del aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y

actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio.

Inés: Debe ser coherente con las pretensiones educativas. Si para nuestro caso, la idea es que los alumnos desarrollen actividades de investigación científica conducentes a resolver problemas, la evaluación debe valorar todo lo relacionado con un proceso de investigación: la manera como los estudiantes se predisponen para la solución del problema, la manera como fundamentan el problema, como lo acotan, como diseñan estrategias para resolución, como lo abordan en equipos de trabajo, como obtienen resultados, como los interpretan, como les encuentran aplicaciones en otras situaciones, como divulgan los resultados, etc. En fin, se trata entonces de una evaluación que abarca aspectos conceptuales, actitudinales y procedimentales...

Entrevistador: La evaluación, debe ser continua a lo largo de todo el proceso.

Inés: Precisamente porque se trata de un proceso de investigación, la evaluación está presente en todos los momentos del mismo. No puede darse al final de ciertas etapas.

Entrevistador: Para un adecuado aprendizaje de las ciencias, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula.

Inés: Aprender investigando sobre problemas de interés científico requiere actitudes positivas y activas por parte de los estudiantes, requiere trabajar en equipo, participar activamente, aportar ideas... mejor dicho, los estudiantes en un ambiente de aprendizaje como estos deben ser protagonistas junto con el profesor en el desarrollo de todas las actividades.

Entrevistador: En clases de ciencias, el trabajo de los estudiantes ha de realizarse preferentemente en pequeños grupos cooperativos.

Inés: La idea es resolver problemas en grupo para favorecer en la mejor medida de lo posible el aprendizaje significativo de cada uno de sus integrantes. Pero teniendo en cuenta el tamaño de los cursos, siempre es bueno dividirlos en pequeños grupos asignándoles responsabilidades particulares para que en los grandes encuentros, intercambien sus producciones, siempre en la perspectiva de alcanzar el logro de solucionar los problemas planteados, al tiempo que de aprender conocimientos y prácticas científicas.

Entrevistador: Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en las clases de ciencias, el profesor y los estudiantes deben ser los protagonistas en el aula para abordar pequeñas investigaciones dirigidas.

Inés: Creo que algo ya he dicho al respecto, habitualmente las actividades de investigación científica requieren del concurso de diferentes personas, de un trabajo en equipo. Son muy pocos los casos donde se encuentra una investigación científica que es adelantada por personas individualmente... la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias no pueden ser la excepción, resulta mucho más fructífero abordar situaciones problemáticas en colectivo. Claro está, si se trata que los estudiantes asimilen la información que suministra el profesor, pues en se caso el trabajo de los estudiantes puede ser individual.

Entrevistador: Una última pregunta, el profesor debe abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo donde han de participar otros colegas.

Inés: Como en toda investigación, en el caso de la investigación en educación en ciencias, el problema es cómo favorecer mejores aprendizajes en los estudiantes. Respuesta que no se logra siguiendo una técnica predeterminada, sino poniendo a prueba hipótesis fundamentadas. Así, como en todo programa de investigación, el cual se desarrolla en Grupos de Investigación, es deseable que el trabajo de los profesores se planifique y se desarrolle en equipo. Esto creo que es una de las principales fortalezas alcanzadas en el desarrollo de esta iniciativa que has liderado... además de sentir que hemos aprendido significativamente teorías sobre filosofía de la ciencia y sobre didáctica de las ciencias, hemos vivido cambios conceptuales y prácticos sobre la enseñanza de las ciencias, y hemos reconocido la importancia que tiene para favorecer adecuados aprendizajes de los estudiantes el que nosotros trabajemos en equipo... el reto ahora es cómo involucrar más colegas en estos equipos, quizás los resultados de nuestro trabajo como profesores empiece a llamar la atención de otros profesores. Muchas gracias.

6.2. El cambio didáctico en la práctica profesional docente de los Profesores de Ciencias intervenidos

Se presentan a continuación los aspectos más relevantes identificados en los profesores luego de las observaciones intencionadas efectuadas en algunas sesiones de trabajo de clase teórica y de clase experimental. Dichas observaciones fueron realizadas durante las últimas dos semanas previas a la finalización del Programa de Formación y durante las cuatro siguientes luego de su terminación oficial. En el capítulo 5 de la presente memoria se indican en el numeral 5.3 las consecuencias contrastables relativas a la práctica docente innovadora de los Profesores de Ciencias.

6.2.1. Resultados individuales en torno a las características de una práctica docente innovadora de los profesores de ciencias

En esta apartado se ilustran algunas de las características de los esquemas de acción más relevantes manifestados por los profesores universitarios de química que han hecho parte de esta investigación. Las clases fueron visitadas regularmente durante seis semanas, acoplándose con la terminación del Programa de Actividades adelantado con estos profesores. Los registros fueron grabados en audio y posteriormente transcritos.

JOSÉ:

José, en sus cursos de Química Analítica Instrumental, prevé y desarrolla su práctica docente de manera muy diferente a lo que demostró previamente a su participación en el programa de formación que hace parte del núcleo central de esta investigación. Anteriormente manifestaba actitudes rigurosas respecto a la forma como presentaba a los estudiantes los contenidos, los explicaba en profundidad, posteriormente proponía una variedad de ejercicios de aplicación, entregaba con anticipación guías de laboratorio para que los estudiantes las desarrollaran y resolvieran, prácticamente todos los contenidos tratados enfatizaban en los aspectos conceptuales de la química analítica y eran abordados por los estudiantes en forma individual, las tareas extra – clase casi siempre se centraban en la resolución d ejercicios de lápiz y papel, los contenidos procedimentales se enfocaban a poner en práctica y a corroborar los contenidos conceptuales tratados previamente en clase de teoría.

En las observaciones actuales, José enfoca los contenidos desde problemas abiertos, procura usando diferentes instrumentos (entrevistas, cuestionarios abiertos, discusiones en clase, etc.) identificar las ideas previas de los estudiantes, y en general, puede decirse que aborda las situaciones de estudio como resultado de la aplicación de estrategias de resolución de problemas. En primera medida, procura que los estudiantes discutan ampliamente los problemas propuestos, para lo cual insiste permanentemente en fundamentarlos desde los conocimientos científicos disponibles; se aprecia una fuerte intención por interesar a los estudiantes en el problema presentado, el cual va configurándose a medida que se logran consensos sobre el problema y que se identifican los conocimientos previos de los estudiantes sobre el problema. Teniendo en cuenta que la Universidad Distrital ha adoptado una política curricular por créditos académicos de modo que los cursos correspondientes a los planes de estudio de las diferentes carreras se distribuyen entre unas horas de trabajo presencial (donde participa la totalidad del grupo de estudiantes), unas horas de trabajo cooperativo (destinadas a tutorías del profesor trabajando con grupos pequeños de estudiantes o con estudiantes por

separado donde revisan avances sobre tareas focalizadas o sobre contenidos que se desarrollan en el curso), y horas de trabajo autónomo (tiempo destinado por los estudiantes para preparar según su propia decisión todo lo relacionado con el curso que ha inscrito), José ha previsto que las sesiones de trabajo presencial se destinen a la discusión general de los problemas y al desarrollo en equipos del problema a desarrollar con propósitos de aprendizaje. Las horas de trabajo cooperativo, se destinan para hacer precisiones sobre contenidos conceptuales y para discutir con los alumnos la presentación de nuevos contenidos conceptuales que los estudiantes desarrollan conscientemente con el propósito de fundamentar con mucha más profundidad los problemas que se tratan en clases.

Como se trata de un curso numeroso (conformado por 47 estudiantes), el problema se aborda en grupos pequeños de investigación (de aproximadamente siete integrantes), los cuales van proponiendo hipótesis fundamentadas que luego son discutidas en plenarios hasta conseguir consensos y alcanzar una o algunas hipótesis como punto de partida para tratar el problema que se indaga. En la medida que se hace necesario, José presenta algunos contenidos conceptuales, invitando permanentemente a los estudiantes a que identifiquen los nuevos conceptos científicos y a que los relacionen conscientemente frente a otros conceptos. Insiste en que si un nuevo concepto tiene una connotación que no le permite integrarse con los anteriores, debe entonces revisarse los conceptos previos en la procura de ser redefinidos o desplazados dadas las necesidades de nuevas explicaciones. José se muestra ahora muy interesado porque los nuevos contenidos conceptuales que desarrollan los estudiantes, sean analizados desde una perspectiva histórica, indicando algunos problemas relevantes que se presentaron en el pasado y que condujeron a la invención e nuevos conceptos y de nuevas teorías o al desarrollo de conceptos científicos previos.

Si bien la Universidad cuenta con un formato – tipo de programación de clases, José se ha mostrado interesado por variarlo. Si bien mantiene una estructura basada en objetivos generales del curso y objetivos generales para cada unidad, ahora éstos se han reformulado en el sentido que no se centran en los contenidos conceptuales a tratar sino en las expectativas de aprendizaje de los estudiantes entendió como un cambios evidentes que en ellos se suceden en el contexto de la resolución de problemas. En tal sentido, José ha procurado integrar diversos conceptos y teorías relacionadas con la Química Analítica Instrumental en problemas amplios y abiertos que a su juicio, propone a los estudiantes en forma de ideas fuerza y que en su confección y en su desarrollo, facilitan la construcción de conocimientos en los estudiantes. Dichos conocimientos los organiza explícitamente en contenidos conceptuales (allí relaciona todos los conceptos y teorías científicas que deben saber – o recordar o reforzar - y aprender los estudiantes, en contenidos procedimentales (todo lo que deben sabe hacer para resolver problemas: emitir hipótesis, fundamentar problemas, diseñar pruebas experimentales, analizar resultados, replantear conocimientos e hipótesis, aplicar teorías en ejercicios tipo, comunica resultados, etc.), y en contenidos

actitudinales (identificando actitudes positivas para favorecer un clima adecuado para una investigación colectiva: sentido de trabajo en equipo, respeto por las opiniones contrarias, valoración del trabajo de los otros, etc.).

Las clases en general tienen una secuencia que inicia con el planteamiento de análisis cualitativos sobre los problemas a tratar, construcción colectiva de variables y discusión sobre los conocimientos previos desde los cuales se consideran las variables y se fundamentan hipótesis para abordar el problema como una pequeña investigación. Se enfatiza mucho en el diseño de estrategias como alternativa para resolver problemas, por tanto José muestra una fuerte predisposición para que los estudiantes reconozcan la diferencia sobre el tratamiento de problemas y de ejercicios; cuando aborda estos últimos con los estudiantes, recuerda técnicas básicas para su resolución pero insiste en que este apenas es un paso para lograr resolver problemas donde seguramente tendrán que tratar con datos novedosos producto de los resultados alcanzados por los estudiantes. En tal sentido, José insiste en la importancia de reforzar en algunas técnicas experimentales y en algunas técnicas para resolver ejercicios, como una fase preparatoria para que los alumnos diseñen con su orientación sus propias prácticas e interpreten y analicen convenientemente los datos obtenidos por ellos.

Dado el alto porcentaje de trabajo práctico de laboratorio que tiene el curso de Química Analítica Instrumental, José hace mucho énfasis en que los estudiantes fundamenten, preparen y presenten en forma permanente diseños experimentales. Los estudiantes, deben justificar en profundidad cada uno de estos diseños, y solo hasta contar con la aprobación previa de José, lo cual anuncia en las clases presenciales, se dispone todo lo necesario para realizar dichos trabajos en sesiones de laboratorio. Insiste mucho en la precisión en el trabajo práctico y en que los datos obtenidos sean “convertidos en conocimientos”. Para ello pide a los equipos de estudiantes que presenten los datos particulares obtenidos en las sesiones de trabajo cooperativo de forma tal que en las sesiones de trabajo presencial se hace un análisis detenido de los resultados siempre fundamentándolos a la luz de los conocimientos disponibles, de las hipótesis elaboradas y en relación con las conclusiones obtenidas por los otros equipos de trabajo y por otros autores (para ello revisan en detalle referentes en libros de texto, en artículos y en páginas electrónicas).

José se ha interesado mucho porque los estudiantes aborden críticamente los contenidos conceptuales y procedimentales que tratan, especialmente concediéndoles una importante connotación histórica. Insiste que los estudiantes reflexionen sobre los nuevos conocimientos y sobre sus implicaciones sociales. De igual manera, solicita a los estudiantes que “publiquen” sus resultados, en este caso elaborando mapas conceptuales, ensayos finales o presentaciones formales que son socializadas por parte de cada grupo de trabajo.

La evaluación que aplica José se hace en cada una de las sesiones de trabajo presencial y de

trabajo cooperativo. Procura permanentemente que los estudiantes se auto-regulen, sean conscientes de sus propios avances; insiste en abandonar la idea de la calificación donde el profesor conceptúa sobre el trabajo de los estudiantes y más bien en encontrar mecanismos para que los estudiantes y el profesor reconozcan los avances propios, se discute con anticipación los objetivos de la evaluación y el tipo de instrumentos a utilizar, en general puede decirse que se favorece un ambiente de co-responsabilidad, de trabajo en equipo y de solidaridad.

La metodología que se evidencia en la práctica, fundamentalmente está caracterizada por el modelo didáctico por resolución de problemas. En algunos de los momentos del proceso, ciertas actividades se apoyan en fundamentos del modelo de enseñanza expositiva – significativa y de la enseñanza por conflicto cognitivo. Los instrumentos de evaluación que se utilizan son pruebas de lápiz y papel de respuesta cerrada y de respuesta abierta con soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, etc.), elaboración de resúmenes, análisis de situaciones, informes de laboratorios contruidos por los estudiantes, mapas conceptuales, diagramas heurísticos, análisis de textos sobre historia de la química, elaboración de memorias en torno a relaciones C/T/S.

En general se evidencia una fuerte intencionalidad por abordar las clases en el contexto de resolución de problemas de investigación; desde el inicio en el tratamiento del problema hasta la publicación de memorias indicando los resultados alcanzados, todo se centra en la fundamentación del problema, en la consideración de las ideas y de los procedimientos de partida, en considerar que a medida que se aprende, los estudiantes construyen conscientemente sus propios conocimientos, los cuales luego contrastan con los conocimientos científicos aceptados en la actualidad o en otros momentos de la historia de la química. Para José es importante, y por ello lo recalca permanentemente, que los estudiantes identifiquen por sí mismos los cambios que en ellos suceden en materia de conceptos, en el desarrollo de nuevas o de mejores metodologías para la resolución de problemas, y en el desarrollo de nuevas disposiciones hacia la química, hacia el aprendizaje como resolución de problemas hacia las implicaciones sociales de la química analítica.

En general, de José podemos afirmar respecto a la parrilla de observación diseñada en la presente investigación:

- Se procura el desarrollo de estrategias basadas en conflictos empíricos o teóricos que permitan sustituir algunos conocimientos previos de los alumnos. Se persigue que los estudiantes se aproximen a un aprendizaje de las ciencias mediante elaboración de teorías más explicativas, compatibles con las elaboradas en el campo de las ciencias: Sí.

- Una situación didáctica que permita la sustitución de unos conocimientos por otros, es más o menos la siguiente: 1) el alumno debe sentirse insatisfecho con sus propias concepciones, 2) Debe haber una concepción que resulte inteligible para el alumno, 3) Esa concepción debe resultar además creíble para el alumno, 4) la nueva concepción debe parecer al alumno más potente que sus propias ideas. En general, puede decirse que si bien hay intencionalidad explícita en José por lograr cambios conceptuales en los estudiantes, dichos cambios los propone más en el contexto de actividades de investigación que adelantan los estudiantes orientados por el profesor, que por la vía del cuestionamiento de ideas que luego son reemplazadas con explicaciones de nuevas y mejores ideas. Entonces puede afirmarse que se pretende el desarrollo de cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales pero no desde el modelo por conflicto cognitivo en sentido estricto, sino más bien en el contexto de la enseñanza por investigación orientada y del aprendizaje por resolución de problemas de interés científico.
- En la evaluación, se trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión: Sí, las ideas y los conocimientos previos se utilizan a lo largo de la unidad didáctica y se enfatiza en la conciencia de los estudiantes cuando estas ideas y conocimientos cambian por otros de mayor poder explicativo y más compatibles con concepciones científicas validadas por las comunidades especializadas.
- Otra manera de enseñar ciencias, es secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos: Sí. La unidad didáctica no se organiza por temas sino por problemas y durante su desarrollo se consolida un ambiente de trabajo cooperativo y de conformación de equipos de investigación.
- Los problemas que se abordan son situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos: Sí, por completo.
- Se desarrollan programas de actividades basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los

factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles estrategias de solución del problema, planificando su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5) Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo. Sí. En general puede decirse que esta es la orientación metodológica que adelanta José en sus clases de Química Analítica Instrumental.

- Se presenta una amplia diversidad metodológica. Entre las actividades más desarrolladas, destacan: búsqueda de aplicación de los conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones, enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus compañeros, de las explicaciones del profesor y de las evaluaciones recibidas. Sí. Hay mucho interés porque el cierre de una unidad didáctica se complete con la discusión crítica de los impactos de los conocimientos elaborados en el contexto social, los conocimientos desarrollados son producto de discusiones fundamentadas donde participan tanto estudiantes como profesor y se examina el contexto social desde donde han surgido los problemas objetos de estudio tanto en el curso en particular como en la ciencia química en general.
- Se concede énfasis a que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas: Sí. El eje nodal de las unidades didácticas ha dejado de centrarse en temas para pasar a centrarse en problemas.
- El profesor debe ejercer papeles diversos: debe guiar las indagaciones de los alumnos, exponer alternativas, inducir o generar contra argumentos, promover la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc. Sí. José ha pasado de ser quien “dicta” unos conocimientos a ser alguien que acompaña el proceso de aprendizaje, en todo caso siempre favoreciendo que éste constituya un acto constructivo y conciente por parte de los alumnos que se evidencia en forma de cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la química y hacia las implicaciones sociales de la química.

Adolfo:

Evidenciando su trabajo en cursos teórico – prácticos de Química Orgánica y de Análisis Orgánico, se observa que Adolfo es un profesor con un dominio profundo de esta rama de la Química. Ha pasado de orientar sus clases dando privilegio a la metodología tradicional, esto es, a la transmisión de información, para pasar a orientar las actividades de enseñanza desde la perspectiva de la resolución de problemas. Las unidades didácticas que desarrolla Adolfo sobre Química Orgánica y Análisis Orgánico, se centran en la discusión argumentada de problemas, de forma que se procura que los mismos sean interesantes para su estudio. Otra característica general e innovadora es la intencionalidad de Adolfo por identificar ideas previas en los estudiantes, aprovecha los momentos de las horas de trabajo cooperativo para su identificación (se trata de reuniones de trabajo con pequeños grupos de estudiantes) y en las horas de trabajo presencial las pone en consideración para un estudio y análisis global por parte del grupo de estudiantes.

Aprovechando que en estos cursos se suele trabajar con “muestras problemas” que los estudiantes deben identificar y caracterizar, se propone la elaboración de hipótesis fundamentadas para procurar prever la manera como identificar y cuantificar las sustancias que se analizan. Antes del programa de formación, Adolfo solía proponer una muestra para ser analizada simultáneamente por los diferentes grupos de trabajo, ahora procura que cada grupo aborde una muestra y diseñe estrategias para su resolución, abordándolas desde las ideas previas de los estudiantes, elaborando hipótesis fundamentadas en conocimientos, procurando la elaboración de diseños experimentales preliminares con el ánimo de confirmar la consistencia de los fundamentos conceptuales y de los propios diseños experimentales. En estos momentos de las Unidades Didácticas, se procura que los estudiantes se aproximen al reconocimiento y la construcción de nuevos fundamentos teóricos, para ello se precisa el acceso a nueva información científica que es estudiada en procura de un aprendizaje significativo y relevante: se identifican nuevos conceptos, se precisan sus campos de explicación, se relacionan entre sí y todo ello luego se procura relacionar con relaciones conceptuales previamente construidas por los estudiantes, es decir, con los conocimientos previos elaborados por los equipos de trabajo.

A partir de los nuevos marcos explicativos, se revisan las hipótesis elaboradas con anticipación y se proponen diseños experimentales alternativos, preparando con anticipación la familiarización y/o el perfeccionamiento de los estudiantes en ciertas técnicas de análisis, útiles para la identificación y caracterización de sustancias orgánicas. Adolfo procura en los momentos de estudio y elaboración de conceptos científicos, examinarlos desde una

perspectiva histórica, analizando críticamente con los estudiantes cómo es que dichos conceptos han surgido, qué problemas procuraron explicar al momento de su origen y qué impactos en la sociedad han traído los nuevos conocimientos. Adicionalmente, le interesa mucho discutir con los estudiantes aspectos epistemológicos de la química, especialmente discutiendo el avance de la ciencia en forma de cambios paradigmáticos y el papel de la observación y la medida a la luz de concepciones más acordes con la investigación actual en naturaleza de la ciencia.

Se percibe un ambiente de trabajo donde se propicia mucho más el trabajo cooperativo y el ánimo por resolver problemas de investigación científica en un clima próximo a una investigación colectiva. El análisis de los problemas va desde una perspectiva cualitativa y abierta en principio, hasta su formalización matemática cuando a ello da lugar producto del análisis de diferentes variables. En todo caso, las variables y las hipótesis son elaboradas colectivamente, producto de análisis y debates fundamentados en los cuerpos de conocimientos de que disponen los estudiantes. Adolfo se muestra interesado porque los estudiantes sean concientes de los cambios en la formulación de variables y de hipótesis que ellos desarrollan a medida que amplían o transforman sus marcos explicativos. En estos momentos de sus unidades didácticas, se favorece explícitamente un clima de reflexión fructífera en torno a las relaciones y las contradicciones entre los conocimientos previos y los nuevos conocimientos de los alumnos.

El programador del curso ha cambiado positivamente. La organización por objetivos generales para el curso y objetivos generales para cada unidad se fundamenta no en los contenidos a transmitir sino en el tipo de aprendizaje esperado por los estudiantes. Adolfo insiste mucho en la gradualidad entre aprendizajes comprensivos – aprendizajes significativos – aprendizajes relevantes. El conocimiento en Química Orgánica y en Análisis Orgánico procura abordarse ahora menos linealmente y sí más cíclicamente: Adolfo concede especial énfasis en la profundidad en el tratamiento de ciertos contenidos conceptuales y de contenidos procedimentales más que en su extensión. Los ejercicios de lápiz y papel se tratan ahora no como actividades de finalización de las unidades didácticas sino como ejercicios de aplicación útiles para favorecer la familiarización con técnicas experimentales científicas que luego habrán de ser de utilidad cuando los estudiantes deban interpretar los datos obtenidos a partir de la aplicación de sus propios diseños experimentales. Situación similar sucede con las técnicas experimentales de análisis orgánico: no se tratan ahora como rutinas a seguir en guías de laboratorio desestructuradas, sino como fundamentos esenciales para el posterior desarrollo de estrategias de resolución de problemas; Adolfo insiste con sus estudiantes que las técnicas experimentales no lo son todo para resolver problemas de investigación, pero sí son fundamentales para que en el marco de las estrategias diseñadas para los efectos, se logre la resolución más o menos exitosa del problema de estudio.

La metodología que se utiliza es definitivamente muy cercana a la correspondiente a modelos didácticos por resolución de problemas, interconectados con fundamentos didácticos de la enseñanza expositiva – significativa (utilizada exclusivamente en la presentación inicial de algunos contenidos conceptuales que luego se insertan en la generalidad del programa guía diseñado para la resolución de los problemas caracterizados y definidos como objeto de estudio de los estudiantes y del profesor). La evaluación se trata como un espacio incluyente donde se persigue identificar las ayudas que cada quien necesita para que en un ambiente de trabajo colectivo, se logre la resolución de los problemas objeto de estudio. La evaluación se realiza a lo largo del desarrollo de cada unidad didáctica y se aborda colectivamente incluso desde su preparación: se hacen acuerdos previos sobre el tipo de instrumentos a utilizar y sobre los propósitos a evaluar, es decir, se define con anticipación lo que se quiere evaluar y cómo evaluar.

Los instrumentos de evaluación más utilizados son las pruebas de lápiz y papel de respuesta abierta con soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, páginas electrónicas, etc.), elaboración de resúmenes, análisis de situaciones, elaboración de materiales por parte de los estudiantes, solución de “muestras problema” a través de diseños experimentales propuestos y desarrollados por los estudiantes, solución de preguntas teóricas y procedimentales en forma de mapas conceptuales y de diagramas heurísticos, memorias finales, ensayos, etc. Se privilegia fuertemente el desarrollo de competencias comunicativas (lectura, escritura, oralidad) como fuente para favorecer competencias básicas interpretativas, argumentativas y propositivas.

Adolfo se ha interesado mucho por discutir con sus estudiantes aspectos relevantes sobre la ciencia y sobre la actividad científica a medida que se desarrollan las unidades didácticas. Discute con sus estudiantes sobre el papel de la observación, sobre la crítica al método científico fundamentado en posturas empiristas y positivistas de la ciencia, y sobre las concepciones contemporáneas que explican el progreso de la ciencia.

En general, sobre Adolfo podemos afirmar respecto a la parrilla de observación diseñada en la presente investigación:

- Se procura el desarrollo de estrategias basadas en conflictos empíricos o teóricos que permitan sustituir algunos conocimientos previos de los alumnos. Se persigue que los estudiantes se aproximen a un aprendizaje de las ciencias mediante elaboración de teorías más explicativas, compatibles con las elaboradas en el campo de las ciencias: Sí.
- Una situación didáctica que permita la sustitución de unos conocimientos por otros, es más o menos la siguiente: 1) el alumno debe sentirse insatisfecho con sus propias

concepciones, 2) Debe haber una concepción que resulte inteligible para el alumno, 3) Esa concepción debe resultar además creíble para el alumno, 4) la nueva concepción debe parecer al alumno más potente que sus propias ideas. En general, puede decirse que si bien hay intencionalidad explícita en Adolfo por lograr cambios conceptuales en los estudiantes, dichos cambios los propone más en el contexto de actividades de investigación que adelantan los estudiantes orientados por el profesor, que por la vía del cuestionamiento de ideas que luego son reemplazadas con explicaciones de nuevas y mejores ideas. Entonces puede afirmarse que se pretende el desarrollo de cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales pero no desde el modelo por conflicto cognitivo en sentido estricto, sino más bien en el contexto de la enseñanza por investigación orientada y del aprendizaje por resolución de problemas de interés científico.

- En la evaluación, se trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión: Sí, las ideas y los conocimientos previos se utilizan a lo largo de la unidad didáctica y se enfatiza en la conciencia de los estudiantes cuando estas ideas y conocimientos cambian por otros de mayor poder explicativo y más compatibles con concepciones científicas validadas por las comunidades especializadas.
- Otra manera de enseñar ciencias, es secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos: Sí. La unidad didáctica no se organiza por temas sino por problemas y durante su desarrollo se consolida un ambiente de trabajo cooperativo y de conformación de equipos de investigación.
- Los problemas que se abordan son situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos: Sí.
- Se desarrollan programas de actividades basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles

estrategias de solución del problema, planificando su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5) Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo. Sí. En general puede decirse que esta es la orientación metodológica que adelanta Adolfo en sus clases de Química Orgánica y de Análisis Orgánico.

- Se presenta una amplia diversidad metodológica. Entre las actividades más desarrolladas, destacan: búsqueda de aplicación de los conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones, enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus compañeros, de las explicaciones del profesor y de las evaluaciones recibidas. Sí. Hay mucho interés porque el cierre de una unidad didáctica se complete con la discusión crítica de los impactos de los conocimientos elaborados en el contexto social, los conocimientos desarrollados son producto de discusiones fundamentadas donde participan tanto estudiantes como profesor y se examina el contexto social desde donde han surgido los problemas objetos de estudio tanto en el curso en particular como en la ciencia química en general.
- Se concede énfasis a que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas: Sí. El eje nodal de las unidades didácticas ha dejado de centrarse en temas para pasar a centrarse en problemas.
- El profesor debe ejercer papeles diversos: debe guiar las indagaciones de los alumnos, exponer alternativas, inducir o generar contra argumentos, promover la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc. Sí. Adolfo ha pasado de ser quien “dicta” unos conocimientos a ser el experto que acompaña el proceso de aprendizaje, en todo caso siempre favoreciendo que éste constituya un acto constructivo y conciente por parte de los alumnos que se evidencia en forma de cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la química y hacia las implicaciones sociales de la química.

Inés:

Analizando su trabajo en cursos teórico – prácticos de Bioquímica, se evidencia que Inés es una profesora con un dominio profundo de esta rama de la Química. Ha pasado de orientar sus clases dando privilegio a la metodología tradicional, esto es, a la transmisión de información, para pasar a orientar las actividades de enseñanza desde la perspectiva de la resolución de problemas. Las unidades didácticas que desarrolla Inés sobre Bioquímica, se centran en la discusión argumentada de problemas, de forma que se procura que los mismos sean interesantes para su estudio. Otra característica general e innovadora es la intencionalidad de Inés por identificar ideas previas en los estudiantes, aprovecha los momentos de las horas de trabajo cooperativo para su identificación (se trata de reuniones de trabajo con pequeños grupos de estudiantes) y en las horas de trabajo presencial las pone en consideración para un estudio y análisis global por parte del grupo de estudiantes.

El curso enfatiza ahora en la procura de identificar ideas previas de los alumnos, usar dichas ideas en la perspectiva de favorecer su cambio por nuevas ideas más explicativas y en la elaboración de hipótesis fundamentadas para procurar orientar la resolución de pequeños problemas de investigación que se tratan como objetos nodales de estudio. Antes del programa de formación, Inés solía proponer temas que se trataban a la manera como se presentan en los libros de texto, ahora procura que los estudiantes aborden problemas interesantes y diseñen estrategias para su resolución, abordándolos desde las ideas previas de los estudiantes, elaborando hipótesis fundamentadas en conocimientos, procurando la elaboración de diseños experimentales preliminares con el ánimo de confirmar la consistencia de los fundamentos conceptuales y de los propios diseños experimentales. En estos momentos de las Unidades Didácticas, se procura que los estudiantes se aproximen al reconocimiento y la construcción de nuevos fundamentos teóricos, para ello se precisa el acceso a nueva información científica que es estudiada en procura de un aprendizaje significativo y relevante: se identifican nuevos conceptos, se precisan sus campos de explicación, se relacionan entre sí y todo ello luego se procura relacionar con relaciones conceptuales previamente construidas por los estudiantes, es decir, con los conocimientos previos elaborados por los equipos de trabajo.

A partir de los nuevos marcos explicativos, se revisan las hipótesis elaboradas con anticipación y se proponen diseños experimentales alternativos, preparando con anticipación la familiarización y/o el perfeccionamiento de los estudiantes en ciertas técnicas de análisis, útiles para la identificación, estudio y caracterización de teorías bioquímicas. Inés procura en los momentos de estudio y elaboración de conceptos científicos, examinarlos desde una perspectiva histórica, analizando críticamente con los estudiantes cómo es que dichos conceptos han surgido, qué problemas procuraron explicar al momento de su origen y qué impactos en la sociedad han traído los nuevos conocimientos. Adicionalmente, Inés se muestra muy interesada en discutir con los estudiantes aspectos epistemológicos de la

química, especialmente discutiendo el avance de la ciencia en forma de cambios paradigmáticos, el papel de la observación y la medida a la luz de concepciones más acordes con la investigación actual sobre la naturaleza de la ciencia, la noción de error en la ciencia y de verdad científica, todo ello analizado a la luz de las concepciones más acordes con investigación sobre la ciencia y sobre la actividad científica.

Se percibe un ambiente de trabajo donde se propicia mucho más el trabajo cooperativo y el ánimo por resolver problemas de investigación científica en un clima próximo a una investigación colectiva. El análisis de los problemas va desde una perspectiva cualitativa y abierta en principio, hasta su formalización matemática cuando a ello da lugar producto del análisis de diferentes variables. En todo caso, las variables y las hipótesis son elaboradas colectivamente, producto de análisis y debates fundamentados en los cuerpos de conocimientos de que disponen los estudiantes. Inés se muestra interesada porque los estudiantes sean conscientes de los cambios en la formulación de variables y de hipótesis que ellos desarrollan a medida que amplían o transforman sus marcos explicativos. En estos momentos de sus unidades didácticas, se favorece explícitamente un clima de reflexión fructífera en torno a las relaciones y las contradicciones entre los conocimientos previos y los nuevos conocimientos de los alumnos.

El programador del curso ha cambiado positivamente. La organización por objetivos generales para el curso y objetivos generales para cada unidad se fundamenta no en los contenidos a transmitir sino en el tipo de aprendizaje esperado por los estudiantes. Inés insiste mucho en la gradualidad entre aprendizajes comprensivos – aprendizajes significativos – aprendizajes relevantes. El conocimiento en Bioquímica procura abordarse ahora menos linealmente y sí más cíclicamente: Inés concede especial énfasis en la profundidad en el tratamiento de ciertos contenidos conceptuales y de contenidos procedimentales más que en su extensión. Los ejercicios de lápiz y papel se tratan ahora no como actividades de finalización de las unidades didácticas sino como ejercicios de aplicación útiles para favorecer la familiarización con técnicas experimentales científicas que luego habrán de ser de utilidad cuando los estudiantes deban interpretar los datos obtenidos a partir de la aplicación de sus propios diseños experimentales. Situación similar sucede con las técnicas experimentales para el estudio y la investigación en Bioquímica: no se tratan ahora como rutinas a seguir en guías de laboratorio desestructuradas, sino como fundamentos esenciales para el posterior desarrollo de estrategias de resolución de problemas; Inés hace conciencia con sus estudiantes que las técnicas experimentales no lo son todo para resolver problemas de investigación, pero sí son fundamentales para que en el marco de las estrategias diseñadas para los efectos, se logre la resolución más o menos exitosa del problema de estudio.

La metodología que se utiliza es definitivamente muy cercana a la correspondiente a modelos didácticos por resolución de problemas, interconectados con fundamentos didácticos de la

enseñanza expositiva – significativa (utilizada exclusivamente en la presentación inicial de algunos contenidos conceptuales que luego se insertan en la generalidad del programa guía diseñado para la resolución de los problemas caracterizados y definidos como objeto de estudio de los estudiantes y del profesor). La evaluación se trata como un espacio incluyente donde se persigue identificar las ayudas que cada quien necesita para que en un ambiente de trabajo colectivo, se logre la resolución de los problemas objeto de estudio. La evaluación se realiza a lo largo del desarrollo de cada unidad didáctica y se aborda colectivamente incluso desde su preparación: se hacen acuerdos previos sobre el tipo de instrumentos a utilizar y sobre los propósitos a evaluar, es decir, se define con anticipación lo que se quiere evaluar y cómo evaluar.

Los instrumentos de evaluación más utilizados son las pruebas de lápiz y papel de respuesta abierta con soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, páginas electrónicas, etc.), elaboración de resúmenes, análisis de situaciones, elaboración de materiales por parte de los estudiantes, solución de “muestras problema” a través de diseños experimentales propuestos y desarrollados por los estudiantes, solución de preguntas teóricas y procedimentales en forma de mapas conceptuales y de diagramas heurísticos, memorias finales, ensayos, etc. Se privilegia fuertemente el desarrollo de competencias comunicativas (lectura, escritura, oralidad) como fuente para favorecer competencias básicas interpretativas, argumentativas y propositivas.

Inés se ha interesado mucho por discutir con sus estudiantes aspectos relevantes sobre la ciencia y sobre la actividad científica a medida que se desarrollan las unidades didácticas. Discute con sus estudiantes sobre el papel de la observación, sobre la crítica al método científico fundamentado en posturas empiristas y positivistas de la ciencia, y sobre las concepciones contemporáneas que explican el progreso de la ciencia.

En general, sobre Inés podemos afirmar respecto a la parrilla de observación diseñada en la presente investigación:

- Se procura el desarrollo de estrategias basadas en conflictos empíricos o teóricos que permitan sustituir algunos conocimientos previos de los alumnos. Se persigue que los estudiantes se aproximen a un aprendizaje de las ciencias mediante elaboración de teorías más explicativas, compatibles con las elaboradas en el campo de las ciencias: Sí.
- Una situación didáctica que permita la sustitución de unos conocimientos por otros, es más o menos la siguiente: 1) el alumno debe sentirse insatisfecho con sus propias concepciones, 2) Debe haber una concepción que resulte inteligible para el alumno, 3) Esa concepción debe resultar además creíble para el alumno, 4) la nueva concepción

debe parecer al alumno más potente que sus propias ideas. En general, puede decirse que si bien hay intencionalidad explícita en Inés por lograr cambios conceptuales en los estudiantes, dichos cambios los propone más en el contexto de actividades de investigación que adelantan los estudiantes orientados por el profesor, que por la vía del cuestionamiento de ideas que luego son reemplazadas con explicaciones de nuevas y mejores ideas. Entonces puede afirmarse que se pretende el desarrollo de cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales pero no desde el modelo por conflicto cognitivo en sentido estricto, sino más bien en el contexto de la enseñanza por investigación orientada y del aprendizaje por resolución de problemas de interés científico.

- En la evaluación, se trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión: Sí, las ideas y los conocimientos previos se utilizan a lo largo de la unidad didáctica y se enfatiza en la conciencia de los estudiantes cuando estas ideas y conocimientos cambian por otros de mayor poder explicativo y más compatibles con concepciones científicas validadas por las comunidades especializadas.
- Otra manera de enseñar ciencias, es secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos: Sí. La unidad didáctica no se organiza por temas sino por problemas y durante su desarrollo se consolida un ambiente de trabajo cooperativo y de conformación de equipos de investigación.
- Los problemas que se abordan son situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos: Sí.
- Se desarrollan programas de actividades basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles estrategias de solución del problema, planificando su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5)

Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo. Sí. En general puede decirse que esta es la orientación metodológica que adelanta Inés en sus clases de Bioquímica.

- Se presenta una amplia diversidad metodológica. Entre las actividades más desarrolladas, destacan: búsqueda de aplicación de los conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones, enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus compañeros, de las explicaciones del profesor y de las evaluaciones recibidas. Sí. Hay mucho interés porque el cierre de una unidad didáctica se complete con la discusión crítica de los impactos de los conocimientos elaborados en el contexto social, los conocimientos desarrollados son producto de discusiones fundamentadas donde participan tanto estudiantes como profesor y se examina el contexto social desde donde han surgido los problemas objetos de estudio tanto en el curso en particular como en la ciencia química en general.
- Se concede énfasis a que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas: Sí. El eje nodal de las unidades didácticas ha dejado de centrarse en temas para pasar a centrarse en problemas.
- El profesor debe ejercer papeles diversos: debe guiar las indagaciones de los alumnos, exponer alternativas, inducir o generar contra argumentos, promover la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc. Sí. Inés ha pasado de ser quien “dicta” unos conocimientos a ser el experto que acompaña el proceso de aprendizaje, en todo caso siempre favoreciendo que éste constituya un acto constructivo y conciente por parte de los alumnos que se evidencia en forma de cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la química y hacia las implicaciones sociales de la química.

PEDRO:

Analizando su trabajo en cursos teórico – prácticos de Química Inorgánica, se evidencia que Pedro es un profesor con un dominio profundo de esta rama de la Química. Ha pasado de orientar sus clases dando privilegio a la metodología tradicional, esto es, a la transmisión de información, para pasar a orientar las actividades de enseñanza desde la perspectiva de la resolución de problemas. Las unidades didácticas que desarrolla Pedro sobre Química Inorgánica, se centran en la discusión argumentada de problemas, de forma que se procura que los mismos sean interesantes para su estudio. Otra característica general e innovadora es la intencionalidad de Pedro por identificar ideas previas en los estudiantes, aprovecha los momentos de las horas de trabajo cooperativo para su identificación (se trata de reuniones de trabajo con pequeños grupos de estudiantes) y en las horas de trabajo presencial las pone en consideración para un estudio y análisis global por parte del grupo de estudiantes.

El curso enfatiza ahora en la procura de identificar ideas previas de los alumnos, usar dichas ideas en la perspectiva de favorecer su cambio por nuevas ideas más explicativas y en la elaboración de hipótesis fundamentadas para procurar orientar la resolución de pequeños problemas de investigación que se tratan como objetos nodales de estudio. Antes del programa de formación, Pedro solía proponer temas que se trataban a la manera como se presentan en los libros de texto, ahora procura que los estudiantes aborden problemas interesantes y diseñen estrategias para su resolución, abordándolos desde las ideas previas de los estudiantes, elaborando hipótesis fundamentadas en conocimientos, procurando la elaboración de diseños experimentales preliminares con el ánimo de confirmar la consistencia de los fundamentos conceptuales y de los propios diseños experimentales. En estos momentos de las Unidades Didácticas, se procura que los estudiantes se aproximen al reconocimiento y la construcción de nuevos fundamentos teóricos, para ello se precisa el acceso a nueva información científica que es estudiada en procura de un aprendizaje significativo y relevante: se identifican nuevos conceptos, se precisan sus campos de explicación, se relacionan entre sí y todo ello luego se procura relacionar con relaciones conceptuales previamente construidas por los estudiantes, es decir, con los conocimientos previos elaborados por los equipos de trabajo.

A partir de los nuevos marcos explicativos, se revisan las hipótesis elaboradas con anticipación y se proponen diseños experimentales alternativos, preparando con anticipación la familiarización y/o el perfeccionamiento de los estudiantes en ciertas técnicas de análisis, útiles para la identificación, explicación y caracterización de sustancias inorgánicas. Pedro procura en los momentos de estudio y elaboración de conceptos científicos, examinarlos desde una perspectiva histórica, analizando críticamente con los estudiantes cómo es que dichos conceptos han surgido, qué problemas procuraron explicar al momento de su origen y qué impactos en la sociedad han traído los nuevos conocimientos. Adicionalmente, se muestra muy interesado en discutir con los estudiantes aspectos epistemológicos de la química,

especialmente discutiendo el avance de la ciencia en forma de cambios paradigmáticos, el papel de la observación y la medida a la luz de concepciones más acordes con los resultados de la investigación sobre la ciencia, la noción de error en la ciencia y de verdad científica, todo ello analizado a la luz de las concepciones más acordes con los resultados de la investigación sobre la ciencia y sobre la actividad científica.

Se percibe un ambiente de trabajo donde se propicia mucho más el trabajo cooperativo y el ánimo por resolver problemas de investigación científica en un clima próximo a una investigación colectiva. El análisis de los problemas va desde una perspectiva cualitativa y abierta en principio, hasta su formalización matemática cuando a ello da lugar producto del análisis de diferentes variables. En todo caso, las variables y las hipótesis son elaboradas colectivamente, producto de análisis y debates fundamentados en los cuerpos de conocimientos de que disponen los estudiantes. Pedro se muestra interesado porque los estudiantes sean conscientes de los cambios en la formulación de variables y de hipótesis que ellos desarrollan a medida que amplían o transforman sus marcos explicativos. En estos momentos de sus unidades didácticas, se favorece explícitamente un clima de reflexión fructífera en torno a las relaciones y las contradicciones entre los conocimientos previos y los nuevos conocimientos de los alumnos.

El programador del curso ha cambiado positivamente. La organización por objetivos generales para el curso y objetivos generales para cada unidad se fundamenta no en los contenidos a transmitir sino en el tipo de aprendizaje esperado por los estudiantes. Pedro insiste mucho en la gradualidad entre aprendizajes comprensivos – aprendizajes significativos – aprendizajes relevantes. El conocimiento en Química Inorgánica procura abordarse ahora menos linealmente y sí más cíclicamente: se concede especial énfasis en la profundidad en el tratamiento de ciertos contenidos conceptuales y de contenidos procedimentales más que en su extensión. Los ejercicios de lápiz y papel se tratan ahora no como actividades de finalización de las unidades didácticas sino como ejercicios de aplicación útiles para favorecer la familiarización con técnicas experimentales científicas que luego habrán de ser de utilidad cuando los estudiantes deban interpretar los datos obtenidos a partir de la aplicación de sus propios diseños experimentales. Situación similar sucede con las técnicas experimentales en la investigación en química inorgánica: no se tratan ahora como rutinas a seguir en guías de laboratorio desestructuradas, sino como fundamentos esenciales para el posterior desarrollo de estrategias de resolución de problemas; Pedro plantea reflexiones explícitas con sus estudiantes en relación a que las técnicas experimentales no lo son todo para resolver problemas de investigación, pero sí son fundamentales para que en el marco de las estrategias diseñadas para los efectos, se logre la resolución más o menos exitosa del problema de estudio.

La metodología que se utiliza es definitivamente muy cercana a la correspondiente a modelos

didácticos por resolución de problemas, interconectados con fundamentos didácticos de la enseñanza expositiva – significativa (utilizada exclusivamente en la presentación inicial de algunos contenidos conceptuales que luego se insertan en la generalidad del programa guía diseñado para la resolución de los problemas caracterizados y definidos como objeto de estudio de los estudiantes y del profesor). La evaluación se trata como un espacio incluyente donde se persigue identificar las ayudas que cada quien necesita para que en un ambiente de trabajo colectivo, se logre la resolución de los problemas objeto de estudio. La evaluación se realiza a lo largo del desarrollo de cada unidad didáctica y se aborda colectivamente incluso desde su preparación: se hacen acuerdos previos sobre el tipo de instrumentos a utilizar y sobre los propósitos a evaluar, es decir, se define con anticipación lo que se quiere evaluar y cómo evaluar.

Los instrumentos de evaluación más utilizados son las pruebas de lápiz y papel de respuesta abierta con soporte de material por parte de los estudiantes (libros de textos, cuadernos de notas, informes de laboratorio, páginas electrónicas, etc.), elaboración de resúmenes, análisis de situaciones, elaboración de materiales por parte de los estudiantes, solución de “muestras problema” a través de diseños experimentales propuestos y desarrollados por los estudiantes, solución de preguntas teóricas y procedimentales en forma de mapas conceptuales y de diagramas heurísticos, memorias finales, ensayos, etc. Se privilegia fuertemente el desarrollo de competencias comunicativas (lectura, escritura, oralidad) como fuente para favorecer competencias básicas interpretativas, argumentativas y propositivas.

Pedro se ha interesado mucho por discutir con sus estudiantes aspectos relevantes sobre la ciencia y sobre la actividad científica a medida que se desarrollan las unidades didácticas. Discute con sus estudiantes sobre el papel de la observación, sobre la crítica al método científico fundamentado en posturas empiristas y positivistas de la ciencia, y sobre las concepciones contemporáneas que explican el progreso de la ciencia.

En general, sobre Pedro podemos afirmar respecto a la parrilla de observación diseñada en la presente investigación:

- Se procura el desarrollo de estrategias basadas en conflictos empíricos o teóricos que permitan sustituir algunos conocimientos previos de los alumnos. Se persigue que los estudiantes se aproximen a un aprendizaje de las ciencias mediante elaboración de teorías más explicativas, compatibles con las elaboradas en el campo de las ciencias: Sí.
- Una situación didáctica que permita la sustitución de unos conocimientos por otros, es más o menos la siguiente: 1) el alumno debe sentirse insatisfecho con sus propias concepciones, 2) Debe haber una concepción que resulte inteligible para el alumno, 3)

Esa concepción debe resultar además creíble para el alumno, 4) la nueva concepción debe parecer al alumno más potente que sus propias ideas. En general, puede decirse que si bien hay intencionalidad explícita en Inés por lograr cambios conceptuales en los estudiantes, dichos cambios los propone más en el contexto de actividades de investigación que adelantan los estudiantes orientados por el profesor, que por la vía del cuestionamiento de ideas que luego son reemplazadas con explicaciones de nuevas y mejores ideas. Entonces puede afirmarse que se pretende el desarrollo de cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales pero no desde el modelo por conflicto cognitivo en sentido estricto, sino más bien en el contexto de la enseñanza por investigación orientada y del aprendizaje por resolución de problemas de interés científico.

- En la evaluación, se trata que los alumnos compartan y hagan suyas las teorías científicas y abandonen sus concepciones alternativas. Las concepciones alternativas de los alumnos no se penalizan; por el contrario, a partir de ellas se fomenta su activación y discusión: Sí, las ideas y los conocimientos previos se utilizan a lo largo de la unidad didáctica y se enfatiza en la conciencia de los estudiantes cuando estas ideas y conocimientos cambian por otros de mayor poder explicativo y más compatibles con concepciones científicas validadas por las comunidades especializadas.
- Otra manera de enseñar ciencias, es secuenciando contenidos a partir del planteamiento y resolución conjunta de problemas los cuales se abordan entre el profesor y los alumnos: Sí. La unidad didáctica no se organiza por temas sino por problemas y durante su desarrollo se consolida un ambiente de trabajo cooperativo y de conformación de equipos de investigación.
- Los problemas que se abordan son situaciones abiertas, que exigen la búsqueda de nuevas respuestas por parte de los alumnos bajo la supervisión del profesor. Se trata de la resolución de problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos: Sí.
- Se desarrollan programas de actividades basados en los siguientes pasos no necesariamente teleológicos: 1) Despertar el interés de los alumnos por el problema que va a abordarse, 2) Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando definir de la manera más precisa el problema, identificando las variables más relevantes que lo restringen, etc., 3) Emitir hipótesis fundamentadas en modelos teóricos sobre los factores que pueden estar determinando el posible resultado del problema y sobre la forma en que estos factores condicionan el mismo, 4) Elaborar y explicitar posibles estrategias de solución del problema, planificando su puesta en marcha en lugar de

actuar por ensayo y error. Buscar vías alternativas para la resolución del problema, 5) Poner en marcha la estrategia o estrategias seleccionadas, explicitando y fundamentando al máximo lo que se va haciendo, 6) Analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis fundamentadas teóricamente previamente explicitadas, 7) Reflexionar sobre las nuevas perspectivas abiertas por la resolución realizada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, en relación con otros contenidos teóricos y con nuevas situaciones prácticas. Idear nuevas situaciones que merezcan ser investigadas a partir del proceso realizado, 8) Elaborar una memoria final en la que se analicen no solo los resultados obtenidos en relación a problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo. Sí. En general puede decirse que esta es la orientación metodológica que adelanta Pedro en sus clases de Química Inorgánica.

- Se presenta una amplia diversidad metodológica. Entre las actividades más desarrolladas, destacan: búsqueda de aplicación de los conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones, enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos a partir de las discusiones con sus compañeros, de las explicaciones del profesor y de las evaluaciones recibidas. Sí. Hay mucho interés porque el cierre de una unidad didáctica se complete con la discusión crítica de los impactos de los conocimientos elaborados en el contexto social, los conocimientos desarrollados son producto de discusiones fundamentadas donde participan tanto estudiantes como profesor y se examina el contexto social desde donde han surgido los problemas objetos de estudio tanto en el curso en particular como en la ciencia química en general.
- Se concede énfasis a que los alumnos se enfrenten a problemas que despierten en ellos la necesidad de encontrar respuestas: Sí. El eje nodal de las unidades didácticas ha dejado de centrarse en temas para pasar a centrarse en problemas.
- El profesor debe ejercer papeles diversos: debe guiar las indagaciones de los alumnos, exponer alternativas, inducir o generar contra argumentos, promover la explicitación de los conocimientos, su redescrición en lenguajes o códigos más elaborados, etc. Sí. Pedro ha pasado de ser quien “dicta” unos conocimientos a ser el experto que acompaña el proceso de aprendizaje, en todo caso siempre favoreciendo que éste constituya un acto constructivo y conciente por parte de los alumnos que se evidencia en forma de cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la química y hacia las implicaciones sociales de la química.

6.2.2. Análisis general en torno a las características de una práctica docente innovadora de los profesores de ciencias

De acuerdo con las descripciones de las observaciones presentadas anteriormente, podemos decir que después de la incursión de los Profesores en el Programa de Formación, sus esquemas de enseñanza se centran en los siguientes modelos con las siguientes características, los cuales han podido caracterizarse más o menos en forma común en los cuatro profesores universitarios de química participantes en esta investigación.

- Se procuran cambios en la mente de los alumnos, no sólo conceptuales sino también metodológicos y actitudinales.
- Intentan asimilar enseñanza con pequeñas investigaciones pero sin basarse en la concepción de un método científico rígido (hay una evidente aproximación a un modelo de enseñanza por investigación orientada).
- Se procura adoptar una posición constructivista al considerar que las teorías, sus métodos y sus valores, son construcciones sociales.
- En el aprendizaje de la ciencia, es necesario situar al alumno en contextos sociales de construcción del conocimiento similares a los que vive un científico.
- La secuencia de contenidos se apoya en el planteamiento y resolución conjunta de problemas por parte del profesor y de los alumnos.
- Los conocimientos disciplinares y su aprendizaje se organizan de acuerdo al principio de “diferenciación progresiva” de conceptos.
- Los nuevos contenidos conceptuales se apoyan y se relacionan con contenidos anteriores.
- Se consideran las ideas previas del alumno como objeto de identificación y posible modificación.
- Los mapas conceptuales se utilizan para visibilizar relaciones conceptuales establecidas por los alumnos.

A continuación, en el capítulo 7 de las conclusiones se hace un análisis detallado del cambio didáctico que pudiese haberse logrado en los profesores participantes en esta investigación.

6.3. Resultados en cuanto a la inmersión en la investigación de los profesores intervenidos

En el anexo 3 se muestran copias de algunos artículos elaborados por los profesores universitarios de química que han hecho parte de esta investigación y que dan señales de sus primeros pasos ya no solo como docentes innovadores sino como investigadores en didáctica de las ciencias. Algunas de estas investigaciones han sido presentadas en eventos académicos institucionales y extra-institucionales.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7. Conclusiones y Recomendaciones.

El programa de Actividades seguido con los Profesores Universitarios de Química que han hecho parte de esta investigación, ha posibilitado favorecer explícitamente una concepción novedosa sobre la Didáctica de las Ciencias y desde esta disciplina del conocimiento, sobre otras disciplinas como la epistemología y la historia de la ciencia. Dada la naturaleza del programa de actividades, centrado en un modelo de enseñanza por investigación orientada, el aprendizaje de los profesores participantes acerca de varios tópicos que conforman el cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias, ha podido evidenciarse en forma de elaboraciones conscientes manifestadas en cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la enseñanza de las ciencias, para lo cual se ha demostrado que el tratamiento de situaciones problemáticas que deben ser resueltas desde una orientación radicalmente constructivista, ha resultado ser un modo eficaz de lograrlo.

Esta investigación ha logrado demostrar que en la medida que los profesores de ciencias se involucran en el tratamiento de problemas de investigación para resolver situaciones asociadas con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias, se favorece el aprendizaje significativo y relevante del cuerpo conceptual de la Didáctica de la Ciencia. De hecho, se ha logrado comprobar que siguiendo las orientaciones del modelo didáctico de enseñanza por investigación orientada, en este caso aplicado al trabajo con Profesores Universitarios de Química, se favorece el aprendizaje significativo de la Didáctica de las Ciencias, evidenciándose dicho aprendizaje por cambios en las concepciones sobre la ciencia, la actividad científica y la enseñanza de las ciencias, en las predisposiciones hacia la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia como investigación orientada, y en las prácticas docentes de los profesores. Es decir, dicho modelo didáctico ha permitido evidenciar cambios en las formas de pensar, de sentir y de actuar por parte de profesores universitarios, que en suma, constituyen cambios en la epistemología del profesor y en su práctica docente.

Furió (2001), nos recuerda una fuerte y fundamentada preocupación que surge al interior de las comunidades académicas de profesores de ciencias y que se puede resumir en la siguiente pregunta: ¿Cómo exigir el dominio extensivo de todos los conocimientos que una nueva orientación en Educación Científica requiere con el propósito de formar ciudadanos competentes científicamente, esto es, que sean capaces de formularse y de resolver problemas de interés científico, lo que requiere de aprendizajes significativos y relevantes de conocimientos conceptuales, actitudinales y procedimentales de la ciencia?

Las dificultades que se plantean en la transformación del currículo, por ejemplo, pueden ser susceptibles de interesar a los profesores si se favorecen reflexiones conscientes, críticas y analíticas acerca de la necesidad de construir nuevos cuerpos teóricos que nos ayuden a interpretar de otra manera la actividad científica, la naturaleza de la ciencia y la metodología de investigación científica. Como se ha logrado apreciar a lo largo del desarrollo de esta investigación, cuando estas reflexiones se desarrollan dentro de un contexto constructivista y en un ambiente que privilegia el trabajo creativo y reflexivo en la construcción de conocimientos, se favorece el desarrollo de cambios metodológicos, conceptuales y actitudinales. En consonancia con lo sustentado a lo largo de esta memoria, el aprendizaje significativo de la Didáctica de las Ciencias por parte de Profesores de Ciencias, implica la elaboración de un amplio espectro de conocimientos en epistemología de la ciencia, en currículo, en enseñanza, aprendizaje, evaluación, así como del desarrollo de un conjunto de actitudes positivas y de esquemas de acción consistentes con una docencia innovadora que rompe fuertemente con modelos de enseñanza tradicionalmente asumidos por los profesores y por las instituciones educativas, y muchas veces reforzados por las propias políticas públicas en educación y por las tradiciones educativas de nuestras sociedades.

Este “espectro de conocimientos” antes citado, podría resultar desalentador para un profesor, pero si se le mira en positivo, puede conducir a que la pregunta planteada por Furió (2001) e indicada atrás, carezca de sentido, pues de hecho cualquier estudio en torno a la epistemología y a la filosofía de las ciencias, a la didáctica de las ciencias y en general a la Educación Científica, es tan amplio y complejo como para suponer que se trata de un reto individual que debemos asumir los profesores en forma aislada. Al igual que sucede con los retos que nos plantea la investigación científica, un experto no necesariamente debe poseer todo el conjunto de conocimientos y de destrezas para poder solucionar un problema, pues queda claro que este reto corresponde y se aborda en una empresa colectiva. Algo similar sucede de cara a favorecer las mejores condiciones teóricas y prácticas para el desarrollo de una docencia innovadora: como se ha demostrado en esta investigación, este reto es posible superarlo por una parte, si se conforma y se fortalece el trabajo docente de los profesores entendido como una actividad de investigación, y por otra, si dicha actividad se desarrolla en el contexto de colectivos docentes que conforman grupos de investigación en didáctica de las ciencias.

Es importante que con el desarrollo actual y vertiginoso de la Didáctica de las Ciencias, el trabajo docente deje de seguir siendo considerado como actividades aisladas y repetitivas, que escasamente requieren de cuerpos teóricos especializados. Como se puede derivar de la presente memoria y de otros trabajos precedentes, hoy en día es importante que los profesores de ciencias tomen conciencia que su actividad docente corresponde a una actividad teóricamente fundamentada, lo cual requiere del aprendizaje de un cuerpo de conocimientos que de sentido a los problemas asociados con la educación científica. Y dado que del cuerpo de conocimientos contemporáneos en este campo se precisan nuevas dimensiones para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias por parte del profesorado en formación inicial o continuada, no debe darse a la manera de asimilación de nuevas rutinas o técnicas. Se trata en

definitiva, que se comprenda y se vivencie que aprender no es sinónimo de asimilar sino de elaborar, de construir.

Al examinar las respuestas dadas por los profesores universitarios de química en la entrevista final, luego de concluido su recorrido por el Programa de Actividades, pudo evidenciarse que la complejidad que una actividad docente innovadora requiere, pasó de ser un obstáculo para el cambio didáctico a ser un agente dinamizador que nos permitió romper con la inercia de una enseñanza monótona, habitual, repetitiva. Haber logrado consolidar la conformación de un equipo de profesores progresivamente interesados por las problemáticas asociadas con la enseñanza de las ciencias, el cual tuvo la oportunidad de aprender sobre Didáctica de las Ciencias en el contexto de un modelo de enseñanza por investigación orientada, sin duda alguna, son razones para evidenciar que los cuatro profesores participantes de esta investigación manifestaran tanto en sus actitudes como en sus conocimientos y en sus prácticas, cambios positivos hacia la enseñanza de la química. De hecho, y aunque aún es prematuro afirmar que se trata de la formación de investigadores consolidados en Didáctica de las Ciencias, es seguro que son profesores que consideran y desarrollan la enseñanza de las ciencias como una actividad interesante, dinámica, retadora. Sin duda alguna, serán las oportunidades institucionales para el sostenimiento de estos equipos de trabajo, los que podrían llevar a que en corto plazo, estos profesores sean considerados como miembros de la comunidad académica especializada en Educación Científica.

Una de las principales preocupaciones en esta investigación era resolver el problema del cambio actitudinal en los profesores que formaron el grupo de intervención, considerando que son las propias actitudes negativas hacia la enseñanza lo que se puede traducir en la resistencia al cambio didáctico. En general, se trataba de un reto similar al que nos planteamos en el aprendizaje de las ciencias por parte de los alumnos. En la investigación que aquí desarrollamos, pudo evidenciarse que cuando se facilita la implicación de los profesores en tareas abiertas, creativas, en la difusión de experiencias innovadoras, en el reconocimiento

a los resultados de investigación precedentes que han sido provechosos y que favorecen los intercambios entre grupos de profesores, se generaron expectativas positivas que al final permitieron que los propios profesores asumieran su práctica profesional docente con una actitud completamente diferente.

El cambio didáctico aquí previsto, se ha asumido como un cambio en la epistemología del profesor (que recoge cambios en los conocimientos sobre la ciencia y sobre la enseñanza de la ciencia, y en las actitudes hacia la educación científica entendida como actividad de investigación), y como un cambio en la práctica docente del profesor. Por tanto, en esta investigación el cambio didáctico ha pretendido la construcción de concepciones más acordes con los resultados de la investigación didáctica, con las implicaciones de la historia y de la filosofía de las ciencias en los nuevos dominios de la investigación en educación científica, y en la apropiación de nuevas metodologías derivadas de esas nuevas concepciones teóricas. Todo ello, como aquí se ha logrado demostrar, ha favorecido cambios actitudinales positivos en los profesores, no solamente hacia la enseñanza de las ciencias sino también hacia el conocimiento científico y hacia sus formas de producción y de validación.

El impulso a un trabajo colectivo dirigido a la innovación e investigación en educación en ciencias, generó intereses positivos hacia la actividad científica por parte de los profesores que formaron parte de este programa de investigación; en tal sentido, lo que aquí hemos contrastado como “Programa eficaz de Formación de Profesores”, basado en el modelo de enseñanza por investigación orientada, favoreció condiciones esenciales para que los propios profesores vivenciaran el sentido de aprender mediante el desarrollo de actividades de investigación.

Con este trabajo, queríamos no solamente recopilar un conjunto de conocimientos consistentes y que han venido consolidando el cuerpo teórico de la Didáctica de las Ciencias, sino que hemos querido mostrar a la comunidad de investigadores en Educación Científica, una propuesta de formación de profesores que dado sus resultados, podría empezar a ser utilizada, teniendo en cuenta los contextos

particulares, como alternativa para favorecer la conformación de equipos de profesores de ciencias cada vez más conscientes de los nuevos retos de la educación científica, y principalmente, cada vez más fundamentados para que en la práctica, sus enseñanzas propicien formas alternativas de aprendizaje, más cercanas a las expectativas de formación de ciudadanos competentes científicamente. Una caracterización de la formación de personas competentes científicamente, posible desde una enseñanza de las ciencias innovadora y más acorde con los resultados de la investigación didáctica actual, ha de promover:

- personas capaces de ser reflexivas, analíticas, críticas, éticas, creativas, autónomas y responsables,
- personas que desarrollan su capacidad de asombro,
- personas que se expresan sin temor,
- personas que se acercan a los conocimientos propios de las ciencias naturales como lo hacen los científicos,
- personas que encuentran sentido y significado a los conocimientos
- personas que se preguntan para aprender
- personas que aprenden a aprender y a trabajar en equipo
- personas que se aproximan al conocimiento científico desde su contexto
- personas comprometidas con el ambiente natural y social
- En suma, personas capaces de plantearse y de resolver problemas de interés científico en el marco del reconocimiento de las necesidades de una sociedad que debe ser cada vez más incluyente y respetuosa por el equilibrio dinámico de nuestro entorno.

Como puede verse, el desarrollo de esta investigación, en caso que el equipo de profesores conformado continúe su trabajo en Didáctica de las Ciencias y ojala pueda ampliarse, puede tener implicaciones que van más allá de lo presupuestado en esta investigación: no solamente estaríamos contribuyendo a la formación de profesores universitarios de química competentes profesionalmente (lo cual requiere como lo hemos procurado en esta investigación, de un cambio en sus epistemologías y en sus prácticas docentes), sino también a que los estudiantes por

ellos formados (en este caso, futuros profesores de química), sean ciudadanos competentes científicamente (a través de sus aprendizajes de las ciencias) y competentes en didáctica de las ciencias (a través de sus futuras enseñanzas de las ciencias). Todo ello, en el contexto de un trabajo con pocos precedentes: propuestas de formación en Didáctica de las Ciencias de profesores universitarios de ciencias.

Esta investigación ha logrado en cuanto a las competencias profesionales docentes, desarrollar en profesores universitarios de química, el conjunto de conocimientos, actitudes y prácticas que debemos saber, saber hacer y hacer en torno a la enseñanza de las ciencias. De otra parte, hemos podido evidenciar que esta formación tiene todas las características de formación de comunidad científica, es decir, que es coherente con cuerpos teóricos propios. Hay otro elemento relevante que debemos enfatizar, a modo de conclusión, luego del desarrollo de esta investigación: en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, una de las principales preocupaciones, es que si bien desde este cuerpo teórico de conocimientos hay avances relevantes en aspectos como los currículos de ciencias, la enseñanza por resolución de problemas, los trabajos prácticos de laboratorio y el aprendizajes de conceptos, hay bastante camino por recorrer en cuanto a la formación de profesores de ciencias, pues de nada servirían estos logros si los orientadores de estas nuevas concepciones y prácticas en educación científica no acceden a una formación adecuada en el ámbito de la educación científica. Este trabajo ha contribuido a brindar algunas claves para abordar la problemática de la formación en didáctica de las ciencias en profesores de ciencias.

El problema central de esta investigación, como se recordará, fue formulado como sigue:

¿Cuales han de ser las características curriculares de un programa de formación de profesores universitarios de química que fundamentados en los desarrollos recientes de la Didáctica de las Ciencias, favorezca cambios hacia una epistemología personal y hacia prácticas docentes próximas a modelos de enseñanza de las ciencias de orientación constructivista?

Al respecto, podríamos decir que se trata de una pregunta cuya respuesta, después de haber adelantado la presente investigación, tiene que ver con el modelo didáctico seguido: enseñanza por investigación orientada. Desde este modelo, como se ha logrado demostrar, fue posible:

- Favorecer en los Profesores participantes en el programa de Formación seguido, el desarrollo de ideas y de prácticas conducentes a considerar la enseñanza como una actividad de investigación, equivalente a una investigación científica, lo cual requirió para su desarrollo, seguir concepciones epistemológicas más acordes con los resultados de la investigación en torno a los modos de producción de conocimiento científico.
- Centrarnos no tanto en los contenidos a tratar (saberes disciplinares) y sí más bien en las condiciones para el aprendizaje en los estudiantes, lo cual, desde el modelo de enseñanza por investigación orientada, requiere la reflexión y el desarrollo consciente de conocimientos, actitudes y prácticas significativas y relevantes por parte de quien aprende con la finalidad de resolver problemas de interés científico. Es decir, permitió la elaboración en los profesores participantes de conocimiento en didáctica de las ciencias.
- Conceder la importancia debida a los conocimientos metadisciplinares (epistemología de las ciencias), como componente fundamental para comprender la naturaleza del conocimiento científico.
- Conceder la importancia debida a los conocimientos sobre historia de la ciencias como otro componente fundamental para un adecuado desarrollo de postulados acordes con los resultados de la investigación didáctica, sobre el sentido y el papel de las actitudes en la enseñanza de las ciencias, y todo ello sobre las implicaciones en las prácticas docentes. De hecho, pudo lograrse en los profesores participantes, una concepción de ciencia más

constructiva, más humana y más basada en la elaboración de ideas progresivamente más explicativas y con mayor poder predictivo.

- Conceder la importancia debida a los conocimientos derivados de la investigación contemporánea sobre el aprendizaje humano, como modo para explorar enseñanzas que favorezcan la elaboración de conocimientos, actitudes y prácticas por parte de quienes aprenden, en forma comprensiva, significativa y relevante.
- Favorecer cambios de naturaleza conceptual, actitudinal y procedimental en Profesores Universitarios de Química hacia la enseñanza de las ciencias, es decir, cambios en sus formas de pensar, de sentir y de actuar en relación con el currículo, la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, todo ello mediado por la construcción de conocimientos en torno a la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Recordemos que la primera hipótesis planteada en esta investigación fue la siguiente:

“Los conocimientos, las actitudes y la práctica docente de los profesores universitarios de química, corresponden a una epistemología docente y a una práctica docente próximas a modelos de enseñanza de las ciencias espontáneos o tradicionales, fruto de visiones simplistas sobre la ciencia, sobre la enseñanza de la ciencia y sobre su aprendizaje”.

Así mismo, la segunda hipótesis planteada en la investigación (se esperaba que la intervención a los profesores desde un programa eficaz de formación de profesores, mediada por un modelo de enseñanza por investigación orientada favoreciera la expectativa de esta segunda hipótesis) fue la siguiente:

“Un programa de formación de profesores universitarios de química que les permita trabajar en equipos cooperativos e involucrarse en los resultados de la investigación y la innovación en didácticas las ciencias, facilitará en estos profesores un cambio didáctico entendido como un cambio en la epistemología y en la práctica docente, de manera que sus concepciones sobre la naturaleza de la química y sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química, sus actitudes hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, y sus esquemas de acción previstos en relación con la actividad docente y con un trabajo del aula, podrán estar más próximos a orientaciones didácticas de naturaleza constructivista”.

Los resultados muestran el aporte del modelo didáctico por investigación orientada, es decir, del fundamento conceptual que orientó el programa de formación, así como del programa mismo, ya que como se pudo demostrar, se logró favorecer los cambios esperados pasando los profesores participantes de concepciones, actitudes y prácticas muy cercanas a modelos de enseñanza de las ciencias espontáneos o tradicionales, a nuevas concepciones, actitudes y prácticas, más próximas a modelos didácticos de naturaleza constructivista.

Es importante entonces recordar las consecuencias contrastables para la primera hipótesis (H1) que se tuvieron en cuenta en esta investigación:

- Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la actividad científica desde la perspectiva de la docencia habitual, las cuales se ilustran en el apartado 3.1.1 de esta memoria.
- Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la docencia habitual, las cuales se ilustran en el apartado 3.1.2 de esta memoria.
- Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la

Educación Científica desde la perspectiva de la docencia habitual, las cuales se ilustran en el apartado 3.1.3 de esta memoria.

- Consecuencias contrastables relativas a la práctica docente habitual de los Profesores de Ciencias, las cuales se ilustran en el apartado 3.2 de esta memoria.

Las tres primeras categorías de consecuencias contrastables (3.1.1, 3.1.2, y 3.1.3) responden, en suma, a las consecuencias contrastables para valorar la epistemología personal docente inicial de los profesores participantes en la investigación.

En general, podemos decir que hubo un interesante movimiento de los profesores universitarios de química por cambiar hacia concepciones, actitudes y prácticas docentes, más cercanas a lo esperado por la investigación actual en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Creemos entonces plausible validar la primera (H1) y la segunda (H2) hipótesis de esta investigación. A continuación se muestran los resultados generales que nos permiten validar la primera hipótesis (H1) de esta investigación.

Las tendencias generales que los profesores universitarios de química mantenían antes de su participación en el Programa de Actividades, fueron las siguientes:

- La investigación científica es un proceso que se realiza siguiendo los pasos del método científico.
- El conocimiento científico es por completo objetivo.
- la investigación científica inicia a partir de observaciones neutrales y sistemáticas de la realidad.
- El conocimiento científico es una explicación cierta de la realidad
- El experimento científico es una forma de determinar si las hipótesis son verdaderas o falsas.
- Las hipótesis se elaboran con el propósito de verificar si una teoría científica es verdadera o falsa.

- Las teorías científicas actuales son el resultado de la adición de los aspectos correctos de muchas teorías hechas en el pasado, algunas en desuso en la actualidad.
- No existe ningún tipo de información en el cerebro del estudiante antes de cualquier nueva actividad de aprendizaje.
- El aprendizaje es independiente de la enseñanza (la responsabilidad del estudiante es aprender y la del profesor es enseñar).
- Aprender ciencias implica el dominio de contenidos conceptuales y de algunas habilidades técnicas complementarias.
- La formación de un profesor de ciencias es el resultado de la combinación de conocimientos sobre la materia a enseñar y de conocimientos psicopedagógicos.
- Un programa curricular se aplica rígidamente y por igual a todos los estudiantes.
- La evaluación favorece en los estudiantes la repetición de las explicaciones suministradas por el Profesor.
- La evaluación refuerza el desarrollo de ejercicios – tipo en los que se trata de comprobar el grado en que el alumno domina una rutina o un sistema de resolución previamente explicado.

Como se puede apreciar, estos resultados son compatibles con las consecuencias contrastables diseñadas en esta investigación para caracterizar la epistemología y la práctica docente habitual de los profesores intervenidos.

Pasamos ahora a mostrar los resultados generales más relevantes que nos permiten validar la segunda hipótesis (H2) de esta investigación. Las consecuencias contrastables para la valoración de la segunda hipótesis (H2) que se tuvieron en cuenta en esta investigación fueron:

- Consecuencias contrastables del Programa de Actividades a seguir con los profesores que intervendrán en esta investigación, las cuales se ilustran en el apartado 5.1 de esta memoria.
- Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la actividad científica desde la perspectiva de una docencia innovadora, las cuales se ilustran en el apartado 5.2.1 de esta memoria.

- Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la historia de la ciencia y sobre sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de una docencia innovadora, las cuales se ilustran en el apartado 5.2.2 de esta memoria.
- Consecuencias contrastables para la caracterización de concepciones y actitudes sobre la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación en la Educación Científica desde la perspectiva de una docencia innovadora, las cuales se ilustran en el apartado 5.2.3 de esta memoria.
- Consecuencias contrastables relativas a la práctica docente innovadora de los Profesores de Ciencias, las cuales se ilustran en el apartado 5.3 de esta memoria.

Las consecuencias contrastables ilustradas en los apartados 5.2.1, 5.2.2 y 5.2.3 de esta memoria, responden en suma, a las consecuencias contrastables para valorar la epistemología personal docente final de los profesores participantes en la investigación, y que en principio corresponden a posturas más acordes con los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Por supuesto que un factor decisivo para haber logrado caracterizar el cambio didáctico esperado, fue la puesta en práctica de un programa eficaz de formación de profesores, cuyas consecuencias contrastables se muestran en el apartado 5.1 y se desarrolla en extenso en el Anexo 1.

Las tendencias generales que los profesores universitarios de química consideran después de su participación en el Programa de Actividades, son las siguientes:

- El conocimiento científico es el resultado de la interacción entre el sujeto en actitud cognoscente y la realidad, de manera que los resultados alcanzados se expresan a través de modelos alternativos al conocimiento de sentido común.
- En la investigación científica, la observación no es neutral.
- Las teorías científicas que se desarrollan producto del progreso en la investigación científica, son siempre provisionales y por tanto, no son descripciones de la realidad.

- El conocimiento científico tiene un estatus temporal, de manera que los conceptos y las teorías asociadas con ellos cambian y se desarrollan permanentemente.
- El conocimiento científico se fundamenta en teorías y en consecuencia se hace necesario que los investigadores revisen el trabajo elaborado por ellos mismos y por otros investigadores, de forma que sirva de referente para los propósitos de una nueva investigación.
- La ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos. El avance de la ciencia se da en gran medida por rupturas débiles o fuertes entre modelos científicos más recientes respecto a modelos del sentido común o respecto a modelos científicos anteriores.
- La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica, y que a lo largo de la historia de la humanidad han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas de los mismos procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.
- Los resultados obtenidos por la investigación científica, tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.
- Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa que las anteriores, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas respecto a teorías anteriores.
- La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.
- Se admite un *status* a los conocimientos y destrezas de los alumnos antes de la instrucción.
- Entre el aprendizaje y la enseñanza hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.
- En relación con estrategias didácticas, se prefieren aquellas que favorecen el tratamiento científico de situaciones problemáticas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.
- La evaluación contribuye a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el Profesor.
- En relación con el clima de aula y con el rol del Profesor, es importante privilegiar que los estudiantes sean copartícipes de las actividades de trabajo en el aula (participación activa de profesores y estudiantes en el proceso de enseñanza – aprendizaje), y que el trabajo de los estudiantes se haga en pequeños grupos cooperativos.

- Enseñar y aprender ciencias es equivalente a resolver problemas mediante la realización de pequeñas investigaciones que integran tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.

Como se puede apreciar, estos resultados son compatibles con las consecuencias contrastables diseñadas en esta investigación para caracterizar la epistemología y la práctica docente innovadora de los profesores intervenidos.

Como todo trabajo de investigación, la resolución a los problemas planteados tiene el carácter de provisional. Debe por tanto, fortalecerse la conformación de los equipos docentes para que continúen desarrollando su interés reciente por la Investigación en Didáctica de las Ciencias, favorecer el desarrollo de una práctica docente innovadora a partir de la financiación de Proyectos de Investigación en Didáctica de las Ciencias y favorecer a los Profesores a que los resultados de sus trabajos puedan ser visibilizados en eventos académicos especializados. De hecho, José, Adolfo, Inés y Pedro, ya han empezado a participar en diferentes eventos que sobre Educación en Ciencias se han hecho en Perú, Cuba y Colombia. Allí han presentado algunos de sus trabajos sobre sus innovaciones y resultados como Profesores de Química que sienten hacen parte de la comunidad académica internacional de investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá – Colombia -, ha comprendido la importancia de fundamentar en conocimientos didácticos a su profesores, especialmente a aquellos que se encargan de la formación inicial de futuros profesores y por ello ha expedido varios Acuerdos que favorecen en principio, una práctica docente innovadora: aproximación hacia currículos más flexibles, docencia centrada en los alumnos más que en los contenidos, planes de estudio expresados en créditos académicos (donde se consideran tres formas de trabajo académico entre profesores y estudiantes: trabajo directo o presencial, trabajo cooperativo o tutorial, y trabajo autónomo o independiente). Consideramos que el favorecimiento definitivo de una práctica docente innovadora, requiere nichos institucionales pertinentes, condiciones académicas y administrativas que favorezcan el cambio didáctico permanente en el profesorado.

Ojala así sea, pues estamos convencidos que la revolución cultural que ha empezado a propiciar la emergencia de una Didáctica de las Ciencias fundamentada en concepciones científicas, pedagógicas, psicológicas y epistemológicas más acordes con los resultados de la investigación didáctica, pedagógica, psicológica y epistemológica actual, puede favorecer la consolidación de sociedades más incluyentes, tolerantes y progresistas. Y en ello los Profesores de Ciencias tenemos mucho que aportar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMBOLA, I.O. (1988) The problem of terminology in the study of students conceptions in science. *Science Education*, 72 (2), 175 – 184.
- AGUILÁ, R., GIL, D. y GONZÁLEZ, A. (1986) L'ensenyament de la física a través de les proves d'avaluació: comentaris al projecte de programes renovats de l'àrea de ciències de la naturalesa de l'EGB. *Segones Jornades de Reserca Educativa. Lleida*. ICE Universitat Autònoma de Barcelona: Barcelona. 19 – 27.
- AGUIRRE, J.M. y HAGGERTY, J.M. (1995) Preservice teacher's meanings of learning. *International Journal of Science Education*, 17(1), 119-131.
- AIKENHEAD, J.J. (1985) Collective decision making in the social context of science. *Science Education*. 69(4), 453 – 475.
- ALIBERAS, J., GUTIÉRREZ, R. e IZQUIERDO, M. (1989) La didáctica de las ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 277-284.
- ALONSO, M. (1994) *La evaluación en la enseñanza de la física como instrumento de aprendizaje*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Valencia: Valencia.
- ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1991) Propuesta de evaluación en física y análisis de la evaluación habitual. *Resúmenes de Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa*. CIDE: Madrid.
- ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1992) Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2), 18 – 38.
- ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1996) Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15 – 26.
- ANDERSON, J.R. (1983) *The architecture of cognition*. Harvard University Press: Cambridge.
- ANDERSON, R. y MITCHENER, C. (1994). Research on science teacher education. En: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Gabel, D. (Ed). New York: MacMillan.
- APPLETON, K. (1995) Student Teacher's confidence to teach science: ¿is more science knowledge necessary to improve self-confidence? *International Journal of Science Education*, 17(3), 357 – 369.
- APPLETON, K. y ASOKO, H. (1996) A case study of a teacher's progress toward using a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Education*, 80(2), 165-180.

- ARTIGAS, M. (1989). *Filosofía de la ciencia experimental*. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra.
- ASTOLFI, J. P. (1994) El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 206 – 216.
- ASTOLFI, J. P. (2001) *Conceptos clave en la Didáctica de las Disciplinas*. Sevilla. Diada Editora, S.L.
- AUSUBEL, D.P. (1968) *Educational Psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston. Versión Española: *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- AUSUBEL, D.P. (1978) *Educational Psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston. Versión Española: *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. (1976) *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.
- AZCONA, R. (1997) Análisis crítico de la enseñanza – aprendizaje de los conceptos de “cantidad de sustancia” y de “mol”. Una alternativa didáctica basada en el aprendizaje por investigación. Tesis Doctoral. Departamento de polímeros, Facultad de Químicas de Donostia: Universidad del País Vasco.
- AZCONA, R. y FURIÓ, C. (1998) La enseñanza de la magnitud “cantidad de sustancia” y su unidad el mol: un desafío didáctico. En: Banet, E. y de Pro, A. (coordinador) *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*, Vol. II, 55- 66 (Lleida)
- BACON, F. (1620) *Novum Organum*. Edición de 1985 en Barcelona: Ediciones Orbis, S.A.
- BACHELARD, G. (1938) *La formación del espíritu científico*. Madrid: Siglo XXI editores.
- BACHELARD, G. (1968) *La filosofía del no*. New York: The Orion press.
- BEHRENDT, H. et al (2001) *Research in Science Education: Past, Present and Future* (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht)
- BELL, B. (1998) Teacher development in science education. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds). London: Kluwer academic publishers.
- BELL, B.F. y PEARSON, J. (1992) Better learning. *International Journal of Science Education*, 14(3), 349-361.
- BENSAUDE – VINCENT, B. y STENGERS, I. (1997) *Historia de la química*. Madrid: Addison Wesley Iberoamericana S.A.

- BERGER, C.F. (1979) What are the implications of paradigms research for science education research? *Journal of Research in Science Teaching*, 16(6), 517 – 521.
- BERMÚDEZ, R. et al (1994). *Diagnóstico sobre la formación inicial y permanente del profesorado de Ciencias y Matemática en los países Iberoamericanos*. Madrid: MEC y OEI.
- BERTALANFFY, L.V., ROSS ASHBY, W., WEINBERG, G., MILSUM, J., BUCKLEY, W., ORCHARD, A., HAMMER, P. y WEST CHURCHMAN, C. (1984) *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Madrid. Alianza Editorial.
- BEVILACQUA, F. y KENNEDY, P.J. (1983) *Proceedings of the International Conference on using History of Physics in Innovatory Physics Education*. Kluwer Academic Publisher: London.
- BLACK, P. (1996) La valoración del aprendizaje al servicio de la innovación en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación*, 310, 151 – 171.
- BLOOM, B., HASTINGS, T. y MADAUS, G. (1975) *Evaluación del Aprendizaje*. Troquel: Buenos Aires.
- BODNER, G.M. y Mc MILLAN, T.L. (1986) Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 727 – 737.
- BORKO, H. y PUTNAM, R. (1996) Learning to teach. En: Berliner, D. y Calfee, R. (eds). *Handbook of Educational Psychology*. New York: Macmillan.
- BRINCONES, I., FUENTES, A., NIEDA, J., PALACIOS, M.J. y OTERO, J. (1986) Identificación de comportamientos y características deseables del profesorado de ciencias experimentales del bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 209 – 222.
- BRISCOE, C. (1991) The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teachers change. *Science Education*, 75(2), 185-199.
- BROCK, W. (1998) *Historia de la Química*. Madrid: Alianza Editorial.
- BROMME, R. (1988) Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 19-29.
- BUNGE, M. (1972). *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- BURBULES, N. y LINN, M. (1991) Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13(3), 227 – 241.

BURTON; L. (1977) The three Ms. *Mathematics Education for Physics*, 3, 13 – 20.

BYBEE, R.W. y De BOER, G.E. (1994) Research on goals to practices. En: Gabel, D. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. MacMillan Pub. Co: New York.

CAAMAÑO, A. (1995) Monografía: La Educación Ciencia – Tecnología – Sociedad. *Alambique*, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 3.

CACHAPUZ, A. (1994) Filosofia da ciencia e ensino da química: repensar a papel do trabalho experimental. En: *Las didácticas específicas en la formación del profesorado II (I)*. Montero, L. Y Vez, J.M. (Eds). Santiago: Tórculo.

CALATAYUD, M.L., GIL, D. y GIMENO, J.V. (1992) Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: ¿Las deficiencias de la enseñanza secundaria como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del profesorado*, 14, 71 – 81.

CALATAYUD, M.L. y GIL, D. (1993) La preparación docente del profesorado de facultades de ciencias: una necesidad emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 35 – 36.

CAMPANARIO, J.M. (2002) Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 315 – 325.

CARAMAZZA, A., Mc CLOSKEY, M. y GREEN, B. (1981) Naïve beliefs in “sophisticated subjects”: misconceptions about trajectories of objects. *Cognition*, 9, 117 – 123.

CARBONELL, F. y FURIÓ, C. (1987) Opiniones de los adolescentes respecto del cambio sustancial en las reacciones químicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 3 – 9.

CARNICER, J. (1998) *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.

CARNICER, J. y FURIÓ, C. (2002) La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. *Investigación en la Escuela*, 47, 33 – 52.

CARRASCOSA, J. (1985) Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 230 – 234.

CARRASCOSA, J. (1987) Tratamiento en la enseñanza de las ciencias de los errores conceptuales. *Tesis Doctoral*. Valencia: Universidad de Valencia.

- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1982) Los errores conceptuales en la enseñanza de la física. *Primeras jornadas de investigación en la didáctica de la Física y Química*, ICE: Universidad de Valencia, 276 – 286.
- CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y GIL, D. (1985). *Formation du professorat des sciences et changement méthodologique*. Septièmes journées internationales sur l' Education Scientifique. Chamoix (France), 301-308.
- CARRETERO, M. (1987) Prólogo del libro: *El aprendizaje de las Ciencias y el Pensamiento Causal*, Pozo, J. I. Madrid: Visor.
- CARRETERO, M. y LIMÓN, M. (1996) Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. En: Rodrigo, M.J. y Arnay (Eds) *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Buenos Aires: Aique.
- CARTER, K. (1990) Teachers knowledge and learning to teach. En: *Handbook of Research on Teacher Education*, Houston, W.R. (Ed). New York: MacMillan.
- CATALÁN, F. y CATANY, M. (1986) Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: el papel de la historia. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 163 – 166.
- CLAXTON, G. (1987) *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza psicología.
- CLEMINSON, A. (1990) Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science, *Journal of Research of Science Teaching*, 27(5), 429 – 445.
- COCHRAN – SMITH, M. (1991) Learning to teach against the grain. *Harvard Educational Review*, 61, 279-310.
- COCHRAN – SMITH, M. y LYTLE, S. (1990) Research on teaching and teacher research: the issues that divide. *Educational Research*, 19, 2-11.
- COHEN Y NAGEL (1972). *An introduction to logic and scientific method*. London: Routledge and Kegan Paul.
- COLL, C. (1988) *Conocimiento psicológico y práctica educativa*. Barcelona: Barcanova.
- COLL, C. (1992). *Los contenidos en la educación escolar*. Madrid: Santillana.
- COPELLO, M.I. y SANMARTÍ, N. (2001) Fundamentos de un modelo permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 269 – 283.

- COTHAM, J.C. y SMITH, E.L. (1981) Development and validation of the conceptions of Scientific Theories Test, *Journal of Research in Science Teaching*, 18(5), 387 – 396.
- CRONBACH, L.J. (1961) Documento presentado a la Conferencia Nacional sobre Experimentación Curricular. Minnessota: Estados Unidos.
- CRONIN – JONES, L. (1991) Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two cases studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 235-250.
- CRUZ, M.A. (2000) Formación pedagógica inicial y permanente del profesor universitario en España: Reflexiones y Propuestas. *Revista Interamericana de Formación del Profesorado*, 38, 19 – 35.
- CUBILLOS, G., POVEDA, F.M. y VILLAVECES, J.L. (1989) *Hacia una historia epistemológica de la química*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: Bogotá.
- CHALMERS, A. F. (1989) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo XXI de España Editores, S.A.
- CHAMPAGNE, A. KLOPFER, L.E. y ANDERSON, J. (1980) Factors influencing learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1047 – 1079.
- CHI, M., SLOTTA, J. y DE LEEUW, N (1994) From thing to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27.
- CRONIN – JONES, L. (1991) Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two cases studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 235-250.
- DANA, T.M. y TIPPINS, D.J. (1998) Portfolios, reflection and educating prospective teachers of science. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds). London: Kluwer academic publishers.
- DAVIS, G. (1966) Current status of Research and Theory in Human Problem Solving. *Psycho. Bull*, 66, 36 – 54.
- DE JONG, O., KORTHAGEN, F. y WUFFELS, T. (1998) Research on science teacher education in Europe: teacher thinking and conceptual change. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds). London: Kluwer academic publishers.
- DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNÉ, B. y RUEL, F. (1993) La formation à l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49 – 67.

DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998) About the epistemological posture of science teachers. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.

DE SOUZA BARROS, S. y ELIA, M. (1998) Physics teacher's attitudes: How do they affect the reality of the classroom and models for change? En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.

DEWEY, J. (1945) Methods in Science Teaching. *Science Education*, 29, 119 – 123.

De ZUBIRÍA, J. (2006) *Los modelos pedagógicos. Hacia una pedagogía dialogante*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

DOMINGUEZ, M.C. y FURIÓ, C. (2001) Knowing the history of science to understand students' difficulties with the concept of chemical substance. En: Psillos et al (Ed) *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society*, Vol. 1, 365 – 367. ESERA – University of Thessaloniki: Thessaloniki.

DRIVER, R. (1973) *The representations of conceptual frameworks in young adolescents science students*. Tesis Doctoral. University of Illinois. Urbana, Illinois.

DRIVER, R. (1983) *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University press.

DRIVER, R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.

DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978) Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.

DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1986) A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

DUSCHL, R. (1995) Más allá del Conocimiento: Los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 3 – 14.

DUSCHL, R. (1997) *Renovar en la Enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.

DUSCHL, R. y GITOMER, D. (1991) Epistemological perspectives on conceptual change: implication for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.

DUSCHL, R, y HAMILTON, R. (1998) Conceptual change in science and in the learning of science. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K (Eds). London: Kluwer Academic Publishers.

FEIMAN – NEMSER, S. (1990) Teacher preparation: structural and conceptual alternatives. En: *Handbook of Research on Teacher Education*, Houston, W.R. (Ed). New York: MacMillan.

FERNÁNDEZ, I. (2000) Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Valencia.

FESTINGER, L. (1957) *A theory of cognitive dissonance*. Harper: New York.

FEYERABEND, P. (1975) *Contra el método*. Madrid: Siglo XXI.

FISHBEIN, M. y AJZEN, I. (1975) *Belief, attitude, intention and behavior. An introduction to theory and research*. Addison – Wesley: Reading, MA.

FOUREZ, G (1994) *La Construcción del Conocimiento Científico*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.

FOUREZ, G. (1997) *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.

FRASER, B.J. (1994) Research on classroom and school climate. En: Gabel, D. (Ed) 1994. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*.

FRASER, B.J. (1998) Science learning environments: assessment, effects and determinants. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K (Eds). London: Kluwer Academic Publishers.

FRASER, B. y TOBIN, K. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publisher.

FURIÓ, C. (1986) Metodología utilizada en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 73 – 77.

FURIÓ, C. (1990) La Reforma de las Enseñanzas Secundarias. *Cuadernos de Pedagogía*, Diciembre.

FURIÓ, C. (1992) ¿Por qué es importante la teoría para la práctica en la educación científica? *Aula de innovación educativa*, 4-5, 5-10.

- FURIÓ, C. (1994) Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 188-199.
- FURIÓ, C. (1995) El pensamiento espontáneo docente sobre la ciencia y su enseñanza. *Educación Química*, 6(2), 112 – 116.
- FURIÓ, C. (1996) Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y Tendencias. *Alambique*, 7, 7 – 17.
- FURIÓ, C. (1997) La escuela, el conocimiento escolar y los contenidos científicos de la ESO (2º round en el debate sobre las áreas o disciplinas). *Investigación en la escuela*, 32, 67-76.
- FURIÓ, C. (2001) *Proyecto Docente: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Valencia: Universitat de València – Estudi General.
- FURIÓ, C. Y GIL, D. (1978) *El programa – guía: una propuesta para la renovación de la didáctica de la física y la química*. ICE. Universidad de Valencia.
- FURIÓ, C. y ORTIZ, E. (1983) Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 15-20.
- FURIÓ, C., HERNÁNDEZ, J. y HARRIS. (1987) Parallels between adolescents' conceptions of gases and the history of chemistry. *Journal of Chemical Education*. 64(7), 617 – 618.
- FURIÓ, C. y GIL, D. (1989) La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 257-265.
- FURIÓ, C. y VILCHES, A (1997) Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. En: Del Carmen, L. (Coordinador) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R. y GUIASOLA, J. (1999) Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 359-376.
- FURIÓ, C. y GIL, D. (1999) Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesor de ciencias. En: *Memorias Educación Científica. Congreso iberoamericano de educación en ciencias experimentales. Formación permanente de profesores*, 129-146. España: Edición Servicio publicaciones Universidad de Alcalá.
- FURIÓ, C.; VILCHES, A.; GUIASOLA, J. y ROMO, V. (2000) Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? Valencia: Universidad de Valencia.

- FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, G. y ROMO, V. (2001) Spanish Teachers' View of the Goals of Science Education in Secondary Education. *Research in Science and Technological Education*.
- FURIÓ, C. y CARNICER, J. (2002) El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 47 – 73.
- GABEL, D. (1994) *Handbook of research on science Teaching and learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- GAGLIARDI, R. y GIORDAN, A. (1986) La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 253-258.
- GAGNÉ, R. M. (1977) *Conditions of learning*. Holt, Rinehart & Winston: New York.
- GAGNÉ, R.M y BIGGS, L.J. (1974) *Principles of instructional design*. Holt, Rinehart & Winston: New York.
- GARCÍA BELMAR, A. y BERTOMEU, J.R. (1999) *Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología de la química*. Ediciones del Serbal: Barcelona.
- GARRETT, R.M. (1987) Issues in Science Education: problem – solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9(2), 125 – 137.
- GARRETT, R.M., SATTERLY, D.; GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1990) Turning exercises into problems: an experimental study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12.
- GELI, A.M. (1986) L'evaluació de la Biología en la Segona Etapa d'EGB. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona: Barcelona.
- GENÉ, A. y GIL, D. (1987) La formación del profesorado como cambio didáctico. *Revista interamericana de formación del profesorado*, 2, 155-159.
- GIL, D. (1983) Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- GIL, D. (1985) El futuro de la enseñanza de las ciencias. Algunas implicaciones de la investigación educativa. *Revista de Educación*, Septiembre – Diciembre, 27-38.
- GIL, D. (1986) La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121.
- GIL, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.

- GIL, D. (1992) Aportaciones de la didáctica de las ciencias a la formación del profesorado. Santiago de Compostela.
- GIL, D. (1993) Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación dirigida. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- GIL, D. (1994) Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 154-164.
- GIL, D. (1996) New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18(8), 889 – 901.
- GIL, D. (1997) Proyecto Docente. Valencia: Universidad de Valencia.
- GIL, D. (1998) El papel de la educación ante las transformaciones científico – tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 69-90.
- GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1983) A model for problem – solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education* , 5(4), 447 – 455.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985) Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7(3), 231 – 236.
- GIL, D. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J (1987) Los programas guías de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 3, 3-12.
- GIL, D., MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. y SENENT, F. (1988) El fracaso en la resolución de problemas: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 131-146.
- GIL, D. Y PAYÁ, J. (1988) Los trabajos prácticos de física y química y la metodología científica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2(2), 73-79.
- GIL, D, DUMAS – CARRÉ, A., CAILLOT, M., MARTÍNEZ – TORREGROSA, J, y RAMÍREZ, L. (1989) La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, 3 – 20.
- GIL, D, DUMAS – CARRÉ, A., CAILLOT, M. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1990) Paper and pencil problem – solving in the physical sciences as an activity of research. *Studies in Science Education*, 18, 137 – 151.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ – TORREGROSA, J. (1991) *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1992) Approaching pupil's learning to scientific construction of knowledge: some implications of the history and philosophy of science in science teaching. *Proceedings of the second international conference on history and philosophy of science in science teaching*. Kingston: Notario, Canadá, 375-389.

GIL, D., FURIÓ, C. y GAVIDIA, V. (1998) El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la escuela*, 36, 49-63.

GIL, D. y PESSOA DE CARVALHO, A.M. (1998) Physics teacher training: analysis and proposals. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.

GIL, D., CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ TERRADES, F. (1999) *La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. Universitat de València.

GIL, D., GAVIDIA, V., VILCHES, A. y EDWARDS, M. (1999-b) Visiones de los profesores de ciencias sobre las problemáticas a las que la comunidad científica y la sociedad deberían prestar una atención prioritaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 13, 81-97.

GIL, D. y PESSOA DE CARVALHO, A. M. (2000) Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación y la innovación en didáctica de la ciencia. *Educación Química*, 11(2), 244-251.

GIL, D., CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ – TERRADES, F. (2000-b) La Didáctica de las Ciencias: Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En: Perales, F.J y Cañal, P. (Eds) 2000. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 11- 34. Marfil: Alcoy.

GILBERT, J.K. (1980) ¿How do I get the answer? *Journal of Chemical Education*, 57, 79 – 81.

GILBERT, J.K. (1992) The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 563 – 578.

GILBERT, J.K. y SWIFT, D.J. (1985) Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69 (5), 681 – 696.

GIMENO, J. (1989) Profesionalidad docente, currículum y renovación pedagógica. *Investigación en la Escuela*, 7, 3 – 21.

GIMENO, J. y PÉREZ, A. (1985) *La enseñanza, su teoría y su práctica*. Akal: Madrid.

- GUILBERT, L. y MELOCHE, D. (1993) L'idée de science chez des enseignants en formation: un lien entre L'histoire des science et L'heterogénéité de visions? *Didaskalia*, 2, 7-30.
- GIORDAN, A. (1989) De las concepciones de los alumnos a un modelo de aprendizaje alostérico. *Investigación en la escuela*, 8, 3-14.
- GIORDAN, A. (1996) ¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes. *Investigación en la Escuela*, 28, 7 – 22.
- GIORDAN, A. y de VECCHI, G. (1988) *Los orígenes del saber*. Diada Editores: Sevilla.
- GLYNN, S.M. y DUIT, R. (1995) *Learning Science in Schools*. Erlbaum: Hillsdale, NY.
- GÓMEZ CRESPO, M.A. (1996) Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique*, 7, 37 – 44.
- GORDON, D. (1984) The image of Science, Technological Consciousness and Hidden Curriculum, *Currículum Inquiry*, 14(4), 367 – 400.
- GRECA, I. M. y MOREIRA, M. A. (1998) Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 289 – 303.
- GRUENDER, C.D. y TOBIN, K. (1991) Promise and prospect. *Science Education*. 75(1), 1- 8.
- GUNSTONE, R. F. y WHITE, R. (1998) Teacher's attitudes about physics classroom practice. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.
- GUTIÉRREZ, R. (1987) La investigación en Didáctica de las Ciencias. Elementos para su comprensión. *Bordon*, 268, 339-362.
- HARLEN, W. (2001) *The assessment of scientific literacy in the OCDE/PISA project*. En: H. Behrendt et al (eds). *Research in Science Education: Past, Present and Future* (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht), 49 – 60.
- HAYES, J.R. (1981) *The complete problem solving*. The Franklin Institute Press: Philadelphia.
- HELGESON, S. L., BLOSSER, P. y HOWE, R. W. (1977). *The Status of Precollege Science, Mathematics and Social Science Education 1955 – 1975, Vol I*. Center for Science and Mathematics Education, Ohio State University.
- HEMPEL, C. G. (1976). *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza.

- HERRERA, M. C. y LOW, C. (1994) *Los intelectuales y el despertar cultural del Siglo, el caso de la Escuela Normal Superior: una historia reciente y olvidada*. Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M. (1987) Science teacher conceptions of Teaching: implications for teacher Education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M. (1988) An appropriate conception of Teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*, 72(5), 597-614.
- HODSON, D. (1985) Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- HODSON, D. (1986) Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy Education*, 20(2).
- HODSON, D. (1988) Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40.
- HODSON, D. (1992) In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- HODSON, D. (1993) Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24(1&2), 41 – 52.
- HOUSTON, W.R. –Editor- (1990) *Handbook of Research on Teacher Education*. New York: MacMillan.
- HUDGINS, B.B (1966) *Cómo enseñar a resolver problemas en el aula*. Paidós: Buenos Aires.
- INGVARSON, L. (1992) Integrating teacher's career development and professional development: the science education professional development project. Paper presented at the *Annual meeting of the American Educational Research Association*. San Francisco, CA.
- IZQUIERDO, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, 7-21.
- IZQUIERDO, M. (1999). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 3 – 4.
- JAMES, R. K. y SMITH, S. (1985) Alienation of students from science in grades 4-12. *Science Education*, 69, 39-45.

JENKINS, E. W. (1989). *Processes in science education: an historical perspective*. En Skills and processes in science education. Edited by J. Wellington. London: Routledge.

JENKINS, E. (2001) Science Education as a field of research. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(1), 9-21.

JIMÉNEZ, M. P. (1996) *Dubidar para aprender*. Ediciones Xerais de Galicia: Vigo.

JIMÉNEZ, M.P. y OTERO, L. (1990) La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía*. 180, 20 – 22.

JIMÉNEZ, M. P. y SANMARTÍ, N. (1997) ¿Qué ciencia enseñar?: Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En: Del Carmen, L. (Coordinador) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

JOHNSON, P.W. (Ed.) (1992) *Handbook of Curriculum*. McMillan: New York.

JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1997) En: Del Carmen, L. (Coordinador) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

KELLY, G. (1955) *The Psychology of Personal Constructs*. Norton: New York.

KEMPA, R.F. y MARTÍN, M.T. (1989) Modelos motivacionales y preferencias de los alumnos por diferentes métodos de enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(2).

KHALE, J.B. y MEECE, J. (1994) Research on gender issues in the classroom. En: Gabel, D (Ed.) 1994. *Handbook of research on Science Teaching and Learning*. MacMillan Pub Co: New York.

KYLE, W. C., LINN, M., BITNER, B. L., MITCHENER, C. P. y PERRY, B. (1991) The role of research in Science Teaching: an NSTA theme paper. *Science Education*, 75 (4), 413 – 418.

KLOPFER, L. E. (1983) Research and the crisis in Science Education. *Science Education*, 67(3), 283-284.

KORNHAUSER, A. (1979) Trends in research in chemical education. *European Journal of Science Education*, 1(1), 21 – 50.

KORTLAND, J. (1992) STS in Secondary Education: Trends and Issues. Science and Technology Studies in Research and Education. Citado en Sanmartín, 1992. *Estudios sobre Sociedad y Tecnología*. Anthropos: Barcelona.

- KOULADIS, V. y OGBORN, J. (1989) Philosophy of science: an empirical study of teacher's views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173-184.
- KOULADIS, V. y OGBORN, J. (1995) Science teacher's philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3), 273-283.
- KOYRÉ, A. (1981) *Estudios Galileanos*, Siglo XXI: México.
- KRULIK, S. y RUDNIK, K. (1980) *Problem solving in school mathematics*. National Council of Teachers of mathematics. Year Book. Reston: Virginia.
- KUHN, S. T. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I. (1978) *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza editorial.
- LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994) Who will teach the "nature of science"? Teacher's views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.
- LAKATOS, I. (1978) *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza editorial.
- LANGEVIN, P. (1926) La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, Diciembre de 1926.
- La PENSÉE, C.W. (1981) Teacher training and the pupil oriented lesson in West Germany. *Journal of Chemical Education*, 1(2), 191 – 203.
- LAUDAN, L. (1978) *Progress and its problems. Towards a Theory of Scientific Growth*. California: University of California Press.
- LINN, M. C. (1987) Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.
- LEDERMAN, N.G. (1992) Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- LEDERMAN, N.G. y ZEIDLER, D.L. (1987) Science teacher's conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71(5), 721-734.
- LÓPEZ CERREZO, J.A. (1998) Ciencia, Tecnología y Sociedad: El estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 41 – 68.

- LÓPEZ, N., LLOPIS, R., LLORENS, J:A., SALINAS, B. y SOLER, J. (1983) Análisis de dos modelos evaluativos referidos a la Química de COU y Selectividad. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 21 – 25.
- LOUDEN, W. y WALLARE, J. (1994) Knowing and teaching science: the constructivist paradox. *International Journal of Science Education*, 16(6), 649-657.
- MARCELO, C. (1994) *Formación del profesorado para el cambio didáctico*. Barcelona: Promociones y publicaciones universitarias.
- MARTÍNEZ - TERRADES, F. (1998) *La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.
- MATTHEWS, M.R. (1990) History, philosophy and science teaching: A reproachment. *Studies in Science Education*, 18, 25-51.
- MATTHEWS, M.R. (1994) Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- MATTHEWS, M.R. (1998) The nature of science and science teaching. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K (Eds). London: Kluwer Academic Publishers.
- MATTHEWS, M.R. (1998 - b) Foreword and introduction. En: *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. McComas, W.F. (Ed). London: Kluwer Academic Publishers.
- MC COMAS, W.F. (1998) The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. En: *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. McComas, W.F. (Ed). London: Kluwer Academic Publishers.
- MC COMAS, W.F. (1998-b) A thematic introduction to the nature of science: the rationale and content of a course for science educators. En: *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. McComas, W.F. (Ed). London: Kluwer Academic Publishers.
- Mc DERMOTT, L. (1984) Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, July, 24 – 34.
- MC DERMOTT, L. (1990) A perspective on teacher preparation in physics – other sciences-. The need for special science courses for teachers. *American Journal of physics*, 58(8), 734-742.
- Mc DONALD, J.B. (1975) *Curriculum and Human interest*. En: Curriculum theorizing: the reconceptualist. McCutchan Publishing Corp.: Berkeley, USA.

MEICHSTRY, Y. (1993) The impact of Science Curricula on students views about the nature of Science. *Journal of Research on Science Teaching*, 39(5), 429 – 443.

MELLADO, V. (1998) The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), 197-214.

MELLADO, V. (1998-b) Preservice teacher's classroom practice and their conceptions of the nature of science. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K (Eds). London: Kluwer Academic Publishers.

MELLADO, V. y GONZÁLEZ, T. (2000) La formación inicial del Profesorado de Ciencias. En: Perales, F.J. y Cañal, P. (eds) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (Marfil: Alcoy), 535 – 555.

MILNE, C. y TAYLOR, P. (1995) Metaphors as global markers for teacher's beliefs about the nature of science. *Research in Science Education*, 25(1), 39-49.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL - República de Colombia (2004). *Estándares de Competencias en Ciencias Naturales*.

MILLAR, R. (1989). *What is 'scientific meted' and can it be taught?* In Skills and proceses in science education. Edited by J. Wellington. London: Routledge

MILLAR, R., DRIVER, R. (1987) Beyond processes. *Studies in science education*, 14, 33 – 62.

MOREIRA, M.A. (1994) Diez años de la revista "Enseñanza de las Ciencias". De una ilusión a una realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 147-153.

MOREIRA, M. A. y NOVAK, J. (1988) Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordos metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 3-18.

MORTIMER, E.F. (1995) Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267-285.

MOSQUERA, C.J. (2000) *Análisis Histórico y epistemológico de las Representaciones Simbólicas y la Terminología Química. Implicaciones didácticas de orientación constructivista*. Bogotá: Universidad Distrital.

MOSQUERA, C.J. (2000-b) Elementos epistemológicos y psicológicos para una interpretación didáctica de las preconcepciones en química. *Revista Científica*, 2, 9-30.

MOSQUERA, C.J. (2001) *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química*. Tesina doctoral. Valencia: Universitat de València.

MUNBY, H. y RUSSELL, T. (1998) Epistemology and context in research on learning to teach science. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds). London: Kluwer academic publishers.

MURILLO ESTEPA, P. (2003) Formas de entender el aprendizaje de los estudiantes universitarios: Teorías y Modelos del aprendizaje adulto. En: *Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior*. Mayor Ruiz, C. (Coordinadora). Barcelona: Octaedro - EUB

NALÚS, M. (1994). *Conferencia No. 9: El seminario investigativo*. Bogotá, Simposio permanente sobre la universidad: Séptimo seminario nacional 1994-1995, dirigido por Borrero, Alfonso, s. j.

NOVAK, J. D. (1979). The reception learning paradigm. *Journal of Research in Science Teaching*, 16, 481-488.

NOVAK, J. D. (1988) Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 213-223.

NUSBAUM, J. y NOVICK, S. (1980) *Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study*. Israel Science Teaching Center. The Hebrew University: Jerusalem.

OLIVER, S. y KOBALLA, T. (1992) *Science Educators use of the concept of belief*. Paper presented at the 65th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston.

OROZCO, A. (1995) El problema de las concepciones espontáneas sobre la ciencia. Tesis de Tercer Ciclo. Universidad de Valencia.

OSBORNE, R., BELL, B.F. y GILBERT, J.K. (1983) Learning Science: a Generative Process. *Science Education*, 67(4), 489 – 508.

OSBORNE, R. y WITTRICK, M (1983) Learning science: a generative process. *Science Education*, 67, 490-508.

OSBORNE, R. y WITTRICK, M. (1985) The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59 – 87.

OTERO, J (1985) Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*. 7(4), 361 – 369.

OTERO, J. (1989) La producción y la comprensión de la ciencia: la elaboración en el aprendizaje de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*. 7(3), 223 – 228.

- PENICK, J.E. y YAGER, R.E. (1986) Trends in Science Education: A program with a theoretical and pragmatic rationale. *Journal of Teacher Education*, Nov. – Dec., 59 – 64.
- PERALES, F.J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Ed. Marfil.
- PÉREZ GÓMEZ, A. I. (1978) *Las fronteras de la educación. Epistemología y ciencias de la educación*. Madrid: Zero. (Citado por Coll, 1988).
- PESSOA DE CARVALHO, A.M. (1998) Comments on “Teacher’s attitudes about physics classroom practice”. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.
- PETERSON, R.W. (1979) The impact of paradigm – based research on classroom practice. *Journal of research in Science Teaching*, 16, 523.
- PHYE, G. (1977) *Handbook of Academic Learning. Construction of Knowledge*. Academic Press: San Diego.
- PIAGET, J. (1969) *Psicología y Pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- PIAGET, J. (1975). *Biología y conocimiento*. México: Siglo XXI Editores.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R. (1996) Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 221 – 232.
- POLYA, G. (1975) *¿How to solve it?* Princeton University Press: Ney York.
- POPE, M.L., GILBERT, J. (1983) Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67, 193 – 203.
- POPE, M.L. y SCOTT, E.M. (1983) Teacher’s epistemology and practice. En: R. Halter y J.K. Olson. *Teacher thinking: a new perspective on persisting problems in education*. Lisse: Swets y Zuitlinger. Holanda.
- POPPER, K.R. (1962) *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecno.
- PORLÁN, R. (1986) La epistemología del profesor de ciencias: una investigación en curso. Comunicación presentada e las IV orñadas de estudio sobre investigación en la escuela. Sevilla.
- PORLÁN, R. (1988) El pensamiento científico y pedagógico de maestros en formación. En: Porlán, R., García, E. y Cañal, P. (Eds) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Diada: Sevilla.

- PORLÁN, R. (1989) *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R. (1993) *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Diada: Sevilla.
- PORLÁN, R. (1998) Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), 175-185.
- PORLÁN, R. y LÓPEZ, J.I. (1993) Constructivismo en Ciencias: pensamiento del alumnado versus pensamiento del profesorado, *Qurrriculum*, 6-7, 91 – 107.
- PORLÁN, R., GARCÍA, E. y CAÑAL, P. –Compiladores- (1995) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada Editora S.L.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997) Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 155 – 171.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998) Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 271 – 288.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (2000) El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En: Perales, F.J. y Cañal, P. (Editores) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Editorial Marfil: Alcoy, p.363 – 388.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998) *La construcción del conocimiento profesional deseable*. Sevilla: Diada Editores.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W. y GERTZOG, W. A. (1982) Accomodation of a Scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- POZO, J. I. (1989) *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- POZO, J.I. (1992) El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. En: Coll et al (eds) *Los contenidos en la Reforma – Enseñanza de conceptos, procedimientos y actitudes*. Santillana: Madrid.
- POZO, J.I. (1994) *El cambio conceptual en el conocimiento físico y social: del desarrollo a la instrucción*. En: Rodrigo, M.J. (ed). Contexto y Desarrollo Social. Síntesis: Madrid.
- POZO, J.I. (1996) No es oro todo lo que reluce, ni se construye igual todo lo que se aprende. *Anuario de psicología*, 69(2), 127 – 139.

POZO, J.I. (1999) Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 513-520.

POZO, J. I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1994) La solución de problemas en ciencias de la naturaleza. En: Pozo, J.I. (ed) *Solución de problemas*. Santillana/Aula XXI: Madrid.

POZO, J.I. y CARRETERO, M. (1992) Causal theories and reasoning strategies by experts and novices in Mechanics. En: Demetriou, A., Shayer, M. y Efklides, A. (eds). *Neopietian theories of cognitive development: implications and applications*. Routledge Kegan Paul: London.

POZO, J. I. y GÓMEZ CRESPO, M. A. (1997) ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En: Del Carmen, L. (Coordinador) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

POZO, J. y GÓMEZ CRESPO, M. A. (2000) *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.

POZUELOS, F. (1997) Unidades didácticas y dinámica de aula. En: Lledó, L., Pozuelos, F. y Travé, G. *Investigar en la escuela: elementos de una enseñanza alternativa*. Sevilla: Diada Editora, Serie Fundamentos No. 7.

RESNICK, L. B. (1983) Mathematics and science learning: a new conception. *Science*, 220, 477-478.

RESWEBER, J.P. (1981) *La Méthode interdisciplinaire*. Paris. Université de Strasbourg II. Traducido al Castellano por Rodríguez, M.E. (2000) *El Método Interdisciplinario*. Bogotá. Universidad Distrital, Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico.

REYES, V. y FURIÓ, C. (1988) El modelo de resolución de problemas como investigación: s aplicación a la Química. *Enseñanza de las Ciencias*; número extra, Tomo 1.

RIVAS, M. (1986) Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica. *Bordón*, 264, 693 – 708.

ROBERTS, D. (1982) Developing the concept of “curriculum emphases” in science education. *Science Education*, 66, 243-260.

RODRIGO, M.J. y ARNAY, J. –eds- (1997) *La construcción del conocimiento escolar*. Paidós: Barcelona.

RUBBA, P.A., HORNER, J.K. y SMITH, J.M. (1981) A study of two misconceptions about the nature of science among Junior High School students. *Journal of Research in Science Teaching*. 2, 221 – 226.

- SABINO, C. (1999). *Los caminos de la ciencia*. Bogotá: Panamericana.
- SALTIEL, E. y VIENTO, L. (1985) Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
- SANMARTÍN, J. (1990) *Tecnología y futuro humano*. Anthropos: Barcelona.
- SARABIA, B. (1998). *El aprendizaje y la enseñanza de las actitudes: Los contenidos en la reforma*. Madrid: Universidad Complutense.
- SATTERLY, D. y SWANN, N. (1988) Criterion referenced and concept referenced testing in science: a new assessment scheme in one department. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 278 – 284.
- SCHIBECCI, R. A. (1984) Attitudes to science: an update. *Studies in science education*, 11, 26-59.
- SCHIBECCI, R. A. (1986) Images of science and scientist and science education. *Science Education*, 70(2), 139-149.
- SCHWAB, J.J. (1970) *The Practical: A language for curriculum*. National Education Association: Washington, D.C.
- SHUELL, T.J. (1987) Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science. *Science Education*, 71(2), 239 – 250.
- SHULMAN, L.S. (1987) Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- SHULMAN, L. S. (1992) *Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject-specific conceptions of teaching*. En: Actas del Congreso “Las Didácticas específicas en la formación del profesorado”. Santiago de Compostela.
- SIMPSON, R.D. y OLIVER, J.S. (1990) A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74(1), 1 – 18.
- SIMPSON, R.D., KOBALA, T.R., OLIVER, J.S. y CRAWLEY, F.E. (1994) Research on the affective dimension of science learning. En: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Gabel, D. (Ed). New York: MacMillan Pub. Co.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989) Interacciones C/T/S: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*. 7(1), 14 – 20.

SOLBES, J. y TRAVER, M.J. (1996) La utilización de la Historia de las Ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103 – 112.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997) STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81(4), 377 – 386.

SOLOMON, J. (1990) The discussion of social issues in the science classroom. *Studies in Science Education*, 18, 105 – 126.

SPEARS, M.G. (1984) Sex bias in science teachers' rating of work and pupils characteristics. *European Journal of Science Education*, 6, 369 – 377.

STAKE, R.E. y EASLEY, J.A. (1978) *Case studies in Science Education*. Center for Instructional Research and Curriculum Evaluation. University of Illinois: Urbana III.

STENHOUSE, L. (1975) *Introducción a la investigación y al desarrollo curricular*, Morata: Madrid.

STEWART, J.H. y ATKIN, J.A. (1982) Information Processing Psychology: A Promising Paradigm for Research in Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 331-332.

STRIKE, G. y POSNER, G. (1992) A revisionist Theory of conceptual change. En: Duschl, R. y Hamilton, R. (eds) *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. State University of New York: Albany.

TABER, K.S. (2000) Multiple frameworks? Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 22(4), 399-417.

TIBERGHIEEN, A. (1985) Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique. *Revue Française de Pédagogie*, 72, 71-86.

TIBERGHIEEN, A., JOSSEM, E.L. y BAROJAS, J. (1998) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. International Commission on Physics Education. <http://www.physics.ohio-state.edu/jossem/ICPE/TOC.html>

TOBIN, K. (1986) Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8(2), 199 – 211.

TOBIN, K. (1999) The value to science education of teacher researching their own praxis. *Research in Science Education*, 29(2), 159-169.

TOBIN, K. (1999-b) Teachers as researchers and researchers as teachers. *Research in Science Education*, 29(1), 1-3.

TOBIN, K. y ESPINET, M. (1989) Impediments to change: applications of coaching in high school science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 105-120.

TOBIN, K. et al (1993) *The long Hard Road form Objectivism to Constructivism*. Paper presented at the annual meeting of the second international conference of the History and Philosophy of Science Teaching Conference.

TOULMIN, S. (1972) *La Comprensión Humana. Vol. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.

TRAVER I RIBER, M.J. (1996) La història de les ciències en l'ensenyament de la física i la química. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

VIENNOT, L. (1976) Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Tesis doctoral. Université Paris 7. París (Publicada en 1979 por Herman: Paris).

VIENNOT, L. (1989) La didáctica en la enseñanza superior, ¿para qué? *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 3-13.

VILCHES, A. (1994) *Las interacciones CTS y la enseñanza de las ciencias físico-químicas*. Tesis Doctoral, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Valencia: Valencia.

VYGOTSKY, L.S. (1978) *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica: Barcelona.

WAGENSBERG, J. (1993) Sobre la transmisión del conocimiento científico y otras pedagogías. *Substratum*, 1(2), 87 – 95.

WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J. y NOVAK, J. D. (1994) Research on alternative conceptions in Science. En: Gabel, D.L. (ed), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (MacMillan Pub. Co: N.Y)

WARTOWSKY, M. (1989) *Introducción a la filosofía de las ciencias*. Madrid: Alianza Editorial.

WATTS, D.M. (1982) Gravity don't take it for granted. *Physics Education*, 17, 116 – 121.

WEISS, I. R. (1978) *Report of the 1977 National Survey of Science, Mathematics and Social Studies Education*. Center for Educational Research and Evaluation. Research Triangle Park, North Carolina.

WELLINGTON, J.J. (1982) ¿What's supposed t happen, Sir? Some problems with discovery leaning. *School Science Review*. 63, 167 – 173.

WELLINGTON, J.J. –editor- (1989) *Skills and processes in science education*, Londres: Routledge

WHITE, R. (1998) Comments on Section D. En: *ICPE Books. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Tiberghien, A.; Jossem, L. y Barojas, J (Eds). International Commission on Physics Education.

YAGER, R. E. y PENICK, J.R. (1983) Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, 5, 459-463.

YAGER, R. E. y PENICK, J.R. (1986) Effects of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), 27-93.

YAGER, R. E. y PENICK, J.R. (1986-b) Perception of four groups towards science classes, teachers and value of science. *Science Education*, 70(4), 335-363.

ZABALZA, M.A. (2003) *Competencias Docentes del Profesorado Universitario. Calidad y Desarrollo profesional*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.

ANEXO 1

EL PROGRAMA DE FORMACIÓN DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA

ANEXO 1. EL PROGRAMA DE FORMACIÓN DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA

INTRODUCCIÓN

El programa inicia con lo que hemos denominado una fase de iniciación a la didáctica de las ciencias como cuerpo teórico propio. Esta fase por la importancia que tiene es la más extensa ya que tiene como finalidad principal introducir, digámoslo en términos Lakatocianos, el núcleo fuerte del cuerpo teórico de lo que hoy en día es la didáctica de las ciencias experimentales; es decir, en esta primera parte se espera y se ha procurado la introducción del modelo de aprendizaje por investigación orientada y se han ideado un conjunto de evaluaciones del proceso de enseñanza-aprendizaje coherentes con este modelo.

¿QUÉ HEMOS DE CONOCER LOS PROFESORES DE CIENCIAS?

A.1. ¿Qué hemos de conocer los Profesores de Ciencias?

Indicar todo aquello que consideremos debe saber un Profesor de Ciencias para impartir una docencia de calidad.

Comentarios A.1. Queremos comenzar trabajando con los Profesores la pregunta central que sugiere Gil desde el año 1991 y que ha permitido orientar un gran número investigaciones en enseñanza de las ciencias, ¿que hemos de conocer los profesores de ciencias y en particular que hemos de conocer los profesores de química? Sobre esta pregunta permite en los participantes una discusión muy interesante para generar una serie de ideas, unas propuestas con mayor énfasis que otras.

A.2. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, procurar introducir algunas ideas sobre por ejemplo, la historia de las ciencias como alternativa para que los Profesores inicien el desarrollo de otras ideas que puedan incidir en la ampliación del rango de conocimientos que debe saber un Profesor de Ciencias para el ejercicio de una Docencia de calidad.

Comentarios A.2. Se espera con esta actividad, que los Profesores, pensando colectivamente y más en profundidad, piensen en relación con otros posibles conocimientos que deberían considerarse para desarrollar una Docencia de calidad. Esta será ocasión propicia para mostrar

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

resultados de otras investigaciones en las que se ha analizado el pensamiento de los profesores de Ciencias en relación con los conocimientos que debe saber. También permite la presentación de ideas sobre otros conocimientos desarrollados desde la investigación en historia y epistemología de la ciencia, así como en didáctica de las ciencias, para que producto de una reflexión consciente, se favorezca un proceso constructivo en los profesores de manera que se desarrolle un cambio en sus creencias y concepciones en relación con los conocimientos que deben saberse para el desarrollo de una enseñanza de calidad.

Comentario adicional 1 debido a la dinámica del Programa: En esta etapa del desarrollo del Programa, los profesores han pensado que se hace necesario desarrollar todos estos contenidos, no solamente ligándolos con los problemas que habitualmente se les presentan en el aula de clase sino también con una temática que pudiera ser de interés; ha llamado especial atención, aunque se han discutido muchos temas probables, abordar la problemática relacionada con la emergencia de conocimientos acerca del equilibrio químico, sin embargo, los profesores han insistido en que sería para ellos muy interesante poder comprender los orígenes de las teorías químicas consolidadas durante los siglos XVIII, XIX y XX, a partir de lo que ellos han escuchado se denomina la revolución química. Manifiestan no tener un conocimiento adecuado sobre los aspectos científicos que se presentaron al interior de la química durante este periodo de su historia. Argumentan que si se abordara esa temática, ellos podrían de alguna manera referenciar mejor muchas de las teorías que están desarrollando.

De acuerdo con lo anterior, se toman como referencia aspectos propios de los problemas teóricos que se presentaron durante el periodo de desarrollo de la teoría del flogisto y en contraposición, las teorías de la acidez y de la combustión. Se espera reconocer la naturaleza de los cambios presentados, aunque teniendo en cuenta que muchos de los elementos del programa de las teorías de la acidez y de la combustión, surgieron a partir de investigaciones más exhaustivas hechas desde el programa de la teoría del flogisto y cuyos interrogantes no pudieron ser resueltos satisfactoriamente por esta teoría.

A.3. La formación inicial o permanente que recibimos los profesores de materias científicas, no siempre cubre adecuadamente nuestras necesidades formativas para poder impartir una docencia de calidad. Con el propósito de contribuir a un mejor conocimiento de cuáles son dichas necesidades, estamos recogiendo los puntos de vista de una amplia muestra de profesores, solicitamos por ello tu respuesta a la siguiente cuestión: *¿qué deberíamos conocer en su sentido más amplio de saber y saber hacer los profesores de química, para abordar de forma satisfactoria los problemas que la docencia nos plantea?* Conviene realizar un esfuerzo para enumerar de forma resumida todo aquello que consideres de interés; sobre esa pregunta, se han hecho una serie de discusiones que vamos analizarlas en detalle a continuación.

Comentarios A.3. Un primer requisito para que la formación de los estudiantes pueda considerarse eficaz, es que dicha acción encuentra relaciones evidentes entre la problemática que interesa a los profesores sobre las situaciones de aula de clase, con las expectativas que ellos tienen sobre lo que debe ser el aprendizaje de las ciencias de sus estudiantes. Así pues uno de los núcleos centrales de la investigación en didáctica de las ciencias ha sido justamente, el de explicitar cuáles son las propias necesidades formativas que manifiestan los profesores, para que a partir de ellos podamos hacer las reflexiones necesarias y tomar las acciones que sean del caso, para identificarlas como punto de partida para este programa de formación de profesores.

Comentario adicional 2 debido a la dinámica del Programa: Los resultados sobre esta discusión han sido de comienzo relativamente sencillos en la medida en que los profesores en su generalidad, han manifestado nuevamente una respuesta inmediata: es el conocimiento de la disciplina que se debe enseñar lo más importante. Esta concepción está muy relacionada con lo que en otras investigaciones se ha concluido (Gil et. al, 2000-b). Se trata, como lo indican estos investigadores, de respuestas en general bastante pobres, que tienen que ver con referencias de los profesores muy centradas en el de la materia y en algunos aspectos específicos de sus implicaciones en el trabajo experimental. Alguna respuesta, a la cual no se le prestó mucha atención, se refería a “trucos” de carácter pedagógico sobre cómo saber motivar a los estudiantes.

En general, las respuestas obtenidas son: saber relacionar la teoría con la práctica, tratar de no generar rupturas entre los temas que se abordan en el aula de clase con los que se abordan en las prácticas de laboratorio, poder diseñar prácticas de laboratorio que puedan ser desarrolladas en los tiempos previstos para que no falte ni sobre tiempo, y, poder orientar adecuadamente los intereses de los estudiantes, llamando la atención de las temáticas que se van a tratar. Se menciona tangencialmente por parte de algunos de los profesores participantes, la importancia que tendría que ver con la didáctica, pero el reflejo de su interpretación da a entender que se consideran los aspectos didácticos como aspectos puramente operativos, es decir, como el aprender un conjunto de herramientas adecuadas para poder enseñar convenientemente algunos temas de la química; también hacen referencia a que sería importante que pudieran aprender a diseñar materiales, notas de clase, cuadernos de clase y algunas pequeñas guías que puedan ser fáciles de trabajar con los estudiantes.

A.4. Mediante un trabajo cooperativo mucho más sistemático, nos planteamos ahora la pregunta: *¿qué podríamos hacer para ir un poco más allá, para que la respuesta no sea tan evidente?*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Comentarios A.4. Aquí ya es posible que comiencen a aparecer otras tendencias importantes, como por ejemplo que se discuta en relación con las dificultades conceptuales que arroja la enseñanza de ciertos conceptos que los Profesores han tenido la oportunidad de trabajar.

A.5. En esa medida la pregunta que se ha seguido es *¿cuáles podrían ser las causas de esas dificultades?*

Comentarios A.5. Los Profesores hacen aquí referencias a conceptos fundamentales como mol y cantidad de sustancia, a conceptos propios de las teorías de cinética química, a las teorías contemporáneas acerca del enlace químico basadas en fundamentos de la mecánica cuántica, también a conceptos de aspectos termodinámicos propios de la química-física, de forma tal que se han empezado a mirar otras relaciones; por ejemplo se hace mención a la necesidad de reconocer la manera como los mismos conceptos en la ciencia que hoy se enseña surgieron.

Comentario adicional 3 debido a la dinámica del Programa: El profesor José ha empezado a insistir en la necesidad que tendría para ellos poder conocer los problemas científicos que se fueron dando y que han conducido al desarrollo de las teorías que actualmente enseña. En el grupo se acepta que todos ellos de alguna manera tienen algunos conocimientos que consideran suficientes para enseñar las teorías químicas actuales, pero desconocen los problemas que tuvieron que resolverse (y cómo se resolvieron) y que condujeron a los conocimientos que en la actualidad se tienen.

Aquí se inicia una discusión donde empiezan a aflorar aspectos que conducen a la necesidad de reconocer la importancia de los aportes de la historia de la química. Se empieza a discutir sobre la naturaleza misma de los conocimientos, y a sugerencia del coordinador tutor del grupo, se han puesto a pensar si de alguna manera todos los conocimientos científicos y todos los conceptos químicos para el caso, pueden ser enseñados de la misma manera, tienen la misma implicación o fundamentalmente se interpretan desde una visión más o menos homogénea de la naturaleza.

Los profesores reconocen que en los currículos actuales, especialmente en los currículos de formación de profesores de química, se han venido incorporado unos cursos que para ellos resultan ser muy novedosos como son los de historia de la química y epistemología de la química. Ellos manifiestan algunas preguntas en cuanto a comprender qué es eso de epistemología, fundamentalmente quisieran tratar de interpretar a que se refiere el problema de la epistemología y para qué podría ser útil este tema tanto para la investigación en química como para la enseñanza de la química.

A.6. Se menciona en este punto la importancia de desarrollar algunos conocimientos propios de la epistemología de la ciencia con ciertos niveles de profundidad. Se espera lograr evidenciar en el grupo de profesores la importancia en torno a un conocimiento desconocido para ellos como el de la epistemología de las ciencias, pues como se desea que sea interiorizado por parte de los Profesores, se puede afirmar hoy en día que la enseñanza de las ciencias, si se quiere que ésta sea completamente innovadora, difícilmente puede desconocer aportes que hacen otras disciplinas como son justamente la historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia (y en ella, la epistemología de la ciencia). Se presentan lecturas preparadas acerca de posturas epistemológicas (de materiales curriculares propios del Departamento y que imparten profesores del componente pedagógico, y de textos seleccionados tales como los de Fourez (1994) y Chalmers (1989). Así mismo, se toma como referencia la cartilla nacional sobre estándares de competencias en ciencias naturales (2004). Estas lecturas serán analizadas en profundidad, propiciando debates fundamentados, análisis y reflexión coherente, todo ello para favorecer en los Profesores cambios frente a sus creencias e ideas en relación con la epistemología y su aporte al conocimiento científico y a la enseñanza de las ciencias.

Comentarios A.6. Se procura que el grupo empiece a evidenciar que aquella pregunta sobre lo que hemos de saber los profesores de química para poder abordar en forma satisfactoria los problemas que la docencia nos plantea, va mucho más allá de los conocimientos propios de la materia; así empiezan a discutirse aspectos de carácter metodológico donde se concede especial énfasis a la reflexión sobre problemáticas actuales en la enseñanza de las ciencias. Esta actividad favorece la reflexión sobre un campo teórico novedosos para ellos: el de la educación en ciencias.

La lectura analítica y la discusión crítica de los documentos aportados, hace pensar que en las ciencias hay contenidos cuyo aprendizaje efectivo por parte de los estudiantes, implica que éstos sean enseñados siguiendo otras alternativas. De hecho los Profesores podrán aceptar que el modelo preponderante que utilizan para la enseñanza es un modelo donde se preparan fundamentadamente las temáticas, se apoyan en autores diferentes para conjugar diferentes puntos de vista y para prever una metodología general, preparan la teoría, la presentan a los estudiantes, se aseguran que los estudiantes la aborden completamente y luego empiezan a desarrollar un menú de ejercicios de lápiz y papel obtenidos preferencialmente de diferentes libros de texto y que ayudan a que los estudiantes pongan en práctica los aspectos teóricos que han venido estudiando. En caso de prácticas de laboratorio, éstas se utilizan como alternativa para demostrar los principios teóricos desarrollados en el aula de clase.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

En relación con la programación de las sesiones de trabajo de laboratorio, es posible evidenciar que éstas se tratan a partir de guías preestablecidas y muchas veces ya oficializadas en el Departamento. El objetivo principal de estos trabajos prácticos de laboratorio es el de presentar las aplicaciones prácticas de la teoría que se enseña. Teniendo en cuenta que el asunto de los trabajos prácticos de laboratorio es un aspecto crucial dentro del cuerpo teórico de la Didáctica de las Ciencias, más adelante habrá ocasión para discutir con los profesores este tipo de metodología. Por lo pronto conviene ayudar a los profesores para que haciendo un mayor esfuerzo empiecen a pensar en conocimientos sobre la enseñanza como pilares fundamentales para lograr cambios fuertes en las concepciones y en las prácticas que hemos de desarrollar para favorecer una formación más adecuada de los estudiantes, desde el punto de vista de los aportes de la epistemología de las ciencias y desde las expectativas sugeridas nacionalmente por las políticas sobre competencias científicas.

Comentario adicional 4 debido a la dinámica del Programa: Dentro de las ideas espontáneas sugeridas por los Profesores en relación con la pregunta: ¿Qué hemos de conocer los Profesores de Ciencias para impartir una Docencia de Calidad?, la más fuertemente evidenciada y la que menos discusión ha generado es la que tienen que ver con el conocimiento propio de las teorías químicas por parte de los profesores, lo cual supone el énfasis casi absoluto en el conocimiento disciplinar.

A pesar de reflexiones elaboradas con mayores niveles de profundidad, los profesores apenas si han llegado a citar algunos aspectos propios de conocimientos sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Más bien, luego de lecturas comentadas sobre materiales específicos, los profesores han considerado que debe concederse especial atención a conocimientos sobre aspectos históricos del conocimiento químico, dado que desde ellos se abordan muchos preconceptos, conceptos, teorías y evidencias experimentales que han hecho parte del desarrollo de la química y que desconocen. En particular, han destacado aspectos como el desarrollo de la teoría de la acidez en el siglo XVIII, el reconocimiento del cambio químico en reacciones inversas en el siglo XVIII, de la teoría atómica en el siglo XIX, de la teoría estructural en química orgánica en el siglo XIX, o de las teorías sobre el enlace químico en el siglo XX, que consideran les ayudaría a entender no solamente a ellos mismos mejor ciertas teorías que enseñan, sino también porque les ayudaría a favorecer estrategias de enseñanza que puedan clarificar aún más los aprendizajes de teorías y conceptos fundamentales en los estudiantes.

También producto de las discusiones adelantadas, los Profesores han hecho referencia a la necesidad de considerar el conocimiento matemático y el conocimiento físico que los profesores deberían manifestar. Se resalta nuevamente una vuelta a persistir considerando casi exclusivamente los conocimientos disciplinares como referencia, dejando de lado los conocimientos metadisciplinares (filosofía y epistemología de las ciencias), los conocimientos

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

en didáctica de las ciencias, y menos aún, los conocimientos previos de los alumnos (ideas de sentido común o conocimientos científicos previamente aprendidos).

Adolfo, experto en química orgánica, ha mencionado como ha tenido la posibilidad de leer algunos documentos sobre los desarrollos propios de la química orgánica en el siglo XIX que de alguna manera están ligados a lo que sería esa gran revolución científica, pero que justamente se trata de conocimientos muy importantes que nunca ha tenido oportunidad de profundizar. Inés y Pedro, han hecho planteamientos similares cuando argumentan que conocimientos propios como los de la bioquímica o los de la química inorgánica, profusamente desarrollados especialmente en la segunda mitad del siglo XIX, han tenido cambios paradigmáticos fuertes, los cuales en buena medida se han derivado de desarrollos en la química desde finales del siglo XVIII.

Aquí empiezan también una serie de discusiones de carácter ético. Los profesores empiezan a ser conscientes, que su papel como profesores de química en un departamento que se encarga de la formación de futuros profesores de química no la habían considerado realmente.

Han empezado a aceptar que ellos han venido dirigiendo cursos de química de manera indistinta, de si se trata de estudiantes de química o de estudiantes de licenciatura en química (hay que recordar que en Colombia los carreras de química se dedican a la formación de profesionales de la ciencia química, es decir, de profesionales que a futuro habrán de desempeñarse en el campo propio de la disciplina química; por el contrario, las carreras de licenciatura en química apuntan a la formación profesional de profesores de química, cuyo actividad se concentra principalmente en los niveles básico secundario y medio del sistema educativo colombiano, es decir, en el rango desde el grado sexto hasta el grado decimoprimerero, el cual es el nivel previo al inicio de los ciclos de educación superior).

Reconocen que nunca han puesto especial atención a este problema, porque como lo plantearía en general todo el grupo, pero con mayor énfasis la profesora Inés, ellos han supuesto que su papel es enseñar la teoría y la práctica que corresponde con la disciplina de su especialidad. Inés menciona el caso de la bioquímica, campo de conocimiento que ha orientado con estudiantes de química, con estudiantes también de ciencias agronómicas y con estudiantes de licenciatura en química; según ella, ya que se trata del mismo conocimiento, su enseñanza debiera ser la misma pues es indistinto el tipo de estudiantes que está atendiendo sus cursos. Sin embargo la reflexión demuestra que si se quiere realmente apuntar a la nueva tendencia del desarrollo de competencias profesionales, empiezan a sentir un poco de incomodidad como refiere el profesor Pedro, al hacer mención que deberían estar pensando en que si se está tratando de la formación de futuros profesores de química y justamente lo que van a hacer en un futuro próximo es desempeñarse como profesores de química, debieran empezar a aprender la química de una manera distinta, de una manera innovadora de forma tal

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

que estos futuros profesores puedan desarrollar sus enseñanzas de la química utilizando estrategias diferentes, especialmente con el fin de procurar alcanzar los fines perseguidos a nivel nacional con los lineamientos curriculares para las ciencias naturales, en el cual se incluye la química. También, como lo anota José, para alcanzar los propósitos establecidos a nivel nacional respecto a los estándares básicos de competencias en ciencias naturales y concretamente en química.

Empieza así pues a sentirse por parte del grupo, una preocupación latente, suponían como lo destacan Adolfo y José, que el curso estaría dirigido a seleccionar una temática de la química, profundizarla en detalle y apropiarse de unas estrategias metodológicas diferentes a como enseñar la temática seleccionada. Por otra parte, Pedro supone que el curso no debería tratarse simplemente de una adición entre los conocimientos en química y estrategias metodológicas, sino procurar más bien, de incorporar en la enseñanza de la química que ellos a diario desarrollan, orientaciones para el trabajo con los estudiantes más provechosas de manera que puedan no solamente aprender adecuadamente el conocimiento químico si no, aprender simultáneamente alternativas interesantes y provechosas para la enseñanza y el aprendizaje. En palabras de Pedro, “si los estudiantes ven maneras distintas de cómo les enseñamos química, cuando se desempeñen como profesores lo harán en consecuencia de manera distinta”.

A.7. Se propone a continuación la siguiente actividad: ¿podría, a la luz de las discusiones adelantadas y a partir de las expectativas del programa, definirse un camino desde el cual plantear una secuencia curricular que conduzca, a un trabajo interesante de reflexión sobre la enseñanza, que supere nuestras creencias habituales y a la vez, que favorezca una construcción producto de un trabajo colectivo?

Comentarios A.7. Producto de diálogos entre el coordinador del programa y los profesores participantes, se plantea que desde la investigación actual en didáctica de las ciencias experimentales no es el propósito desarrollar programas de profesores de ciencias que se concentran en encontrar sus incapacidades y deficiencias para luego indicarles cómo “debiera enseñarse correctamente”, ya que ello puede bajar sus niveles de motivación y en consecuencia, no alcanzar los resultados esperados. El grupo concluye que, por el contrario, lo que ha de abordarse en profundidad es el principio que la enseñanza de la química corresponde a una problemática latente, debido en buena medida a la propia formación no solo de los profesores de química, sino también, de los propios científicos; en consecuencia vale la pena empezar a discutir en un trabajo colectivo, de reflexión, de debate y de profundización nuevas alternativas para precisamente encontrar alternativas de solución a este problema.

También se hace hincapié en la importancia que tiene considerar este trabajo como un auténtico proceso de actividad científica. Apoyados en la investigación y en la innovación en

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

didáctica de las ciencias, se procurará tratar de encontrar soluciones a las situaciones problemas asociadas con la enseñanza de la química. Tal y como sucede en las investigaciones que se desarrollan en otros campos del conocimiento, es normal que en un comienzo se perciban actitudes de inseguridad y desmotivación al no encontrarse con relativa rapidez respuestas a las situaciones problema; sin embargo, es justamente a través de la investigación como poco a poco, con los avances y los retrocesos que supone hacer una investigación coherente, que pueden lograrse avances y desarrollos de alternativas de solución de los problemas. Se percibe en este punto que el grupo empieza a generar una toma de conciencia importante acerca del papel que juegan en su rol como formadores de futuros profesores de ciencias y en considerar la enseñanza de las ciencias como un objeto de investigación.

Como se ha podido considerar en el grupo, al valorar el énfasis del trabajo en equipo, se ha visto que hay una mayor contribución por parte de los profesores, una mayor riqueza en los aportes, de manera que se ha pasado de la simple tentativa de ideas preliminares y simplistas cuando se han dado respuestas individuales, a cuando el grupo ha empezado a debatir mucho más y en mayor profundidad estas mismas ideas. Es una buena referencia alcanzar esta evidencia, porque de entrada los profesores reconocen la posibilidad que tendría en el aprendizaje de la química el que sus estudiantes puedan, mediante trabajos colaborativos, profundizar con mayor detalle de cara a alcanzar mejores aprendizajes, acerca de algunas temáticas químicas como objeto de estudio.

A manera de síntesis en esta actividad, el tutor del grupo muestra los resultados de la consolidación de un conjunto de investigaciones que se han venido desarrollando con profesores de ciencias en relación con la pregunta “¿Qué hemos de saber y saber hacer los Profesores de Ciencias?” y que se puede sintetizar en un trabajo muy importante, referido por Gil en el año de 1991. Luego de esta presentación, los profesores han discutido en extenso sobre cada uno de los indicadores que menciona el artículo habiéndolos valorado como muy positivos y con un alcance mucho mayor a lo que inicialmente ellos tuvieron oportunidad de discutir. José reconoce luego de la presentación que hace el coordinador del programa del artículo del Profesor Daniel Gil, que realmente, en relación con la pregunta sugerida días atrás, sus ideas han girado siempre con el punto uno (conocer la materia a enseñar); el grupo complementa que luego de ver en detalle otros aspectos que caracterizan las competencias profesionales de un profesor de ciencias, han podido comprender y valorar otros elementos importantes que completarían lo que debemos saber y saber hacer los profesores de ciencias.

En definitiva, en esta primera parte del programa, se han considerado como objeto de reflexión para la procura de su interiorización conciente por parte de los profesores, los conocimientos sobre la materia a enseñar, los conocimientos y cuestionamientos acerca del pensamiento docente espontáneo, el conocimiento de la didáctica de las ciencias como cuerpo teórico, el

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

conocimiento crítico sobre la enseñanza habitual de las ciencias, los conocimientos relacionados con la preparación de actividades, los conocimientos relacionados con la dirección del trabajo de los estudiantes, los conocimientos sobre evaluación y la implicación del profesorado en tareas colectivas de innovación e investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Ven los profesores participantes como muy provechoso este conjunto de indicadores, porque en general recogen los aspectos que esperan se aborden en este curso.

A.8. Se recuerda a los profesores, las preguntas iniciales que han de ser el centro de atención en el desarrollo de este programa: ¿cómo secuenciar contenidos?, ¿cómo priorizar competencias?, ¿cómo abordar trabajos prácticos de laboratorio?, ¿cómo enseñar unidades didácticas para el trabajo práctico en el aula? y ¿cómo evaluar los aprendizajes de los estudiantes?

Comentarios A.8. Se encuentra que las preguntas centrales pueden ser abordadas desde la síntesis de la investigación en formación de profesores que sugiere Gil (1991), sobre el conjunto de conocimientos que deberíamos saber y todo lo que deberíamos saber hacer los profesores de ciencias para impartir una docencia de calidad. Se espera que los profesores comprendan que debe superarse la imagen del profesor como un capacitador y que en definitiva, no basta con saber la materia que se enseña para ser un buen profesor. En tal sentido, para enseñar debe aprenderse un conjunto de conocimientos sobre la enseñanza, debe “aprenderse a enseñar”. El logro significativo de estos aprendizajes, implica que ellos no han de alcanzarse como habitualmente se supone: mediante la explicación detallada de los nuevos conocimientos en procura de abandonar otros ya existentes. En general, para que ello sea posible, se insiste en la estrategia de la investigación orientada, como forma de aproximar a quien aprende, a que elabore sus propios conocimientos y los confronte con los elaborados por los especialistas como alternativa para validar los aprendizajes y como forma de garantizar aprendizajes realmente constructivos y significativos. De igual forma, se ha de destacar la idea que al igual que en todo proceso de investigación, las actividades de innovación no culminan cuando finaliza un proyecto de investigación; en tal sentido, si la enseñanza de las ciencias es un objeto de investigación, la actividad de un docente ha de apoyarse en la innovación permanente y por tal razón, la formación del profesor debe ser permanente y asumida como actividad de investigación en procura de encontrar mejores claves para favorecer mejores aprendizajes en los estudiantes.

Comentario adicional 5 debido a la dinámica del programa. Ha llamado mucho la atención de los profesores participantes el segundo gran componente que sugiere Gil, en relación con el conocimiento y cuestionamiento del pensamiento docente espontáneo. Este apartado se ha asumido como “muy importante” en la medida que sugiere encontrar alternativas para explicar qué significa la idea del “pensamiento docente espontáneo”; en este punto el coordinador del programa hace referencia a que este apartado de lo que debemos saber los profesores de

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

ciencias, y en general todos los demás mencionados, se abordarán con un mayor criterio de explicitación y que en consecuencia vale la pena que se consideren para más adelante. Sin embargo, también se hace mención a una idea genérica y es la de empezar a suponer la importancia que tiene el pensamiento cotidiano; será importante hacer referencia a ello cuando se estén examinando algunos aspectos propios de la historia de las ciencias como claves para identificar cómo las teorías científicas han surgido a partir de reinterpretaciones profundas sobre el mundo, las cuales se han logrado en contraposición con la interpretación que habitualmente se hace desde el sentido común, es decir, desde el conocimiento cotidiano. Al ser el conocimiento cotidiano ese conocimiento básico e ineludible de todos los seres humanos, desde allí pueden ofrecerse explicaciones interesantes y lo suficientemente fuertes para explicar por qué muchas veces, a pesar de enseñanzas reiteradas de conocimientos científicos, no aprendemos lo que se nos enseña. ¿Acaso será que se trata de enseñanzas que por decirlo de alguna manera, no nos proporcionan ayudas para “desplazar” o para “recontextualizar” nuestros conocimientos cotidianos?

¿Podría ser que algo similar ocurra con nuestras concepciones sobre la enseñanza? En la medida en que un profesor, antes de alcanzar tan importante dignidad, ha sido estudiante, podríamos suponer que ha consolidado un conjunto de concepciones acerca de la enseñanza, se ha apropiado de un imaginario de la actividad docente fruto de una impregnación ambiental profunda sobre lo que es la enseñanza. A partir de allí podríamos encontrar explicaciones –al menos preliminares- acerca del por qué muchas veces los profesores actuamos más por sentido común que por un conocimiento profundo en relación con aspectos propios de la enseñanza; llama mucho la atención de los profesores este tema y manifiestan su deseo de profundizarlo más adelante.

Los profesores destacan la atención sobre la integración que tienen los diferentes componentes de este conjunto de indicadores relacionados con lo que debemos saber y saber hacer. De igual forma llaman la atención en relación a cómo la investigación y la innovación en didáctica de las ciencias experimentales se constituye en el eje fundamental de todos los componentes; aceptan que no suponían el problema de la enseñanza de las ciencias como una actividad de investigación rigurosa. En palabras de Pedro, siempre (y espera que no sea a partir de ahora) ha considerado que la investigación rigurosa es la investigación que se hace en los campos específicos de la ciencia, por ejemplo, en las investigaciones que él con su grupo investigación desarrolla en tópicos particulares de la química inorgánica. Pensaba que la enseñanza de las ciencias correspondía más bien a un conjunto de técnicas sobre cómo enseñar, las cuales pueden aprenderse por capacitación complementaria. Ahora empieza a reconocer que se comienza a indagar mucho más en el problema de la investigación en enseñanza de las ciencias y que se le ve con mucha rigurosidad.

A.9. El coordinador del programa presenta a los profesores un grupo de artículos especializados, presentados en revistas nacionales y en revistas internacionales, particularmente la revista *Enseñanza de las Ciencias*, donde se dan a conocer varios trabajos que se han venido adelantando sobre investigación en enseñanza de conceptos básicos de la ciencia, problemas sobre terminología científica, la enseñanza del equilibrio químico, la enseñanza y problemas de aprendizaje de las nociones de mol y cantidad de sustancia, la enseñanza de la teoría de los gases, de teorías sobre soluciones, la enseñanza de la acidez y la basicidad. Algunos artículos relevantes (definidos así a partir del interés de los profesores) han sido distribuidos a cada uno de los profesores; de ellos se hacen presentaciones producto de un análisis riguroso.

Comentarios A.9. Este conjunto de artículos se entrega con el propósito de generar un impacto importante en los profesores en relación con la abundante bibliografía especializada producto de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Se presentan también recopilaciones de investigaciones en educación en ciencias como las elaboradas por Pfund y Duit, y algunos Hanbook en este campo del conocimiento (Fraser y Tobin, 1998; Gabel, 1994; Perales y Cañal, 1998). La conclusión a la que se llega es que definitivamente, la didáctica de las ciencias es un campo de conocimiento cuyas actividades derivadas van mucho más allá que el tratamiento de orientaciones metodológicas novedosas para enseñar diversos temas de las ciencias. Destacan de los artículos trabajados, que se trata de reportes de investigaciones preliminares o avanzadas en educación científica que dan cuenta de la situación problemática del aprendizaje de algunos conocimientos de las ciencias por parte los estudiantes, de las dificultades que ellos tienen para apropiárselas, de las dificultades que generan para su enseñanza y de algunas experiencias innovadoras que se han hecho a través de investigación con el ánimo de superar dichas situaciones problemáticas.

Empiezan ahora los profesores a preguntarse sobre el campo de trabajo de la didáctica de las ciencias y han solicitado al coordinador del programa empezar a referenciar un poco más, lo que es en sí misma la didáctica de las ciencias. Ello indica que se ha podido lograr que en aproximadamente después de dos meses de haberse iniciado el programa, los profesores manifiestan una clara actitud positiva en relación con éste, hay un interés manifiesto por avanzar en aspectos como la evaluación o la organización de contenidos, e incluso ha tenido que hacerse referencia a que estaríamos en la misma situación que hacemos con los estudiantes muy motivados, que tendremos que ir dosificando el programa ya que si bien todos los aspectos que hemos tratado preliminarmente son muy importantes, de todas maneras también se hace necesario que de alguna manera tengamos los tiempos suficientes para poderlos abordar en profundidad.

Comentario adicional 6 debido a la dinámica del programa. Hemos podido encontrar en relación a la cuestión sobre qué conocimientos precisamos los profesores de ciencias, que se han dado importantes contribuciones. Abordar esta problemática en profundidad, siguiendo a Furió (2001), es un procedimiento eficaz que definitivamente demuestra su oportunidad en programas de formación de profesores para lograr romper con visiones simplistas habituales y constituye un posible hilo conductor para afrontar con cierto rigor la formación del profesorado.

Así pues, salen al paso visiones simplistas sobre lo que debemos saber y saber hacer los profesores y se puede insistir en el papel primordial que jugamos los profesores desde el aporte de la educación científica a la formación de ciudadanos, cuando entre otras cosas, aprenden a valorar el conocimiento científico de manera crítica, es decir, reconociendo aspectos importantes positivos pero también aspectos negativos de los propios avances del conocimiento científico. Ello puede generar cada vez más la necesidad en los profesores de considerar que su enseñanza, y una enseñanza eficaz, no solamente pueden estar orientadas y ligadas exclusivamente al conocimiento de la materia a enseñar.

A.10. En relación con la importancia cada vez más creciente de la formación de profesores, desde el año de 1987 la National Association for Research in Science Teaching, organizó un simposio internacional para abordar conocimientos y destrezas de los profesores de ciencias (Hewson y Hewson, 1988). También y aunque la tensión del papel del profesor como uno de los factores esenciales del proceso de enseñanza-aprendizaje no es nueva, como lo demuestra Brincones et al (1986) y citado por Furió (2001), varios estudios han empezado a indagar recientemente sobre las características del buen profesor o como denominaría Ausubel (1978), las diferencias entre buenos y malos profesores.

Recientemente, en el año 2003, se ha lanzado el nuevo National Science Education Standards norteamericano, donde uno de sus capítulos justamente hace referencia a los Science Teaching Standards; allí se destacan cinco elementos fundamentales que deben ser considerados para la caracterización de competencias profesionales docentes. Se hace mención a como los profesores, dentro de sus conocimientos propios para impartir una enseñanza de calidad, deben acreditar conocimientos teóricos y prácticos así como habilidades acerca la ciencia, del aprendizaje y de la enseñanza de las ciencias. Por otra parte, se sugiere revisar con los profesores la visión de la naturaleza del conocimiento científico, en consecuencia uno de los retos más importantes en la formación de los profesores de ciencias es balancear e integrar adecuadamente las necesidades de enseñanza con las intenciones generales de las metas en educación científica. También se hace necesario investigar acerca de

preguntas interesantes que pueden surgir desde las experiencias con los estudiantes como estrategia central para la enseñanza de las ciencias, lo cual indica la necesidad de transformar decisivamente los modelos transmisivos habituales en la enseñanza de las ciencias; igualmente se destaca cómo en todas las etapas de la investigación, los profesores deben guiar, focalizar, retar y encontrar alternativas de desarrollo cognitivo por parte de los estudiantes.

Finalmente, se hace mención a cómo un profesor que muestre entusiasmo e interés y ante todo demuestre conocimiento sobre educación científica, es capaz de generar en sus estudiantes actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias, en consecuencia se menciona la necesidad de tener profesores motivados e interesados, lo cual no es posible según el documento referido, si los profesores no tienen los conocimientos amplios y con un amplio bagaje conceptual en relación con lo que es en sí misma la educación científica.

A partir de las ideas presentadas, indicar los alcances de las mismas en la perspectiva del desarrollo de los profesores de ciencias como miembros de una comunidad especializada de investigación en educación en ciencias.

Comentarios A.10. En general podemos mencionar como el conjunto de conocimientos del profesorado, sus ideas y creencias, sus predisposiciones y sus esquemas de acción proporcionan en la actualidad para la educación científica una visión muy interesante y compleja de lo que es la actividad docente, que va más allá del simple modelo sumativo del profesor que lo supone como aquél profesional capaz de integrar adecuadamente, por un lado sus conocimientos sobre la materia a enseñar y por otro algunas destrezas de carácter metodológico. De hecho, esto ha sido importante desde el punto de vista de las líneas de formación de profesores en educación científica, empezar a suponer el símil entre lo que tendría que ver el aprendizaje de los estudiantes en relación con el aprendizaje del conocimiento científico versus el aprendizaje los profesores en relación con los aprendizajes sobre la enseñanza del conocimiento científico.

Así como modelos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias, tales como el de investigación orientada, el cual se centra en considerar los aprendizajes como cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal que los estudiantes deberían manifestar sobre la ciencia misma en relación con el conocimiento cotidiano, es posible suponer desde este mismo enfoque que el aprendizaje de la enseñanza de la ciencia por parte de los profesores implicaría cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal en relación, en este caso, con la enseñanza de las ciencias. Dichos cambios revelan exigencias fuertes

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

para el trabajo científico, exigencias que implican una investigación perfectamente predeterminada por parte de los investigadores que abocan la problemática de la formación continuada de los profesores, especialmente cuando se trata de profesores universitarios que como en el caso de Colombia, pueden acceder a la práctica docente universitaria sin una fundamentación mínima y básica en aspectos tales como pedagogía o didácticas específicas. A todo esto se suma que estos profesores, por más que hayan querido, tampoco han estado abocados a que institucionalmente tengan la oportunidad de acercarse a los conocimientos propios de lo que hoy en día conocemos como el cuerpo teórico propio de la didáctica de las ciencias.

En esta dirección es importante hacer una reflexión con el grupo, de como el trabajo en equipo resultará ser muy provechoso para los efectos del trabajo que aquí se está haciendo y como esta tendencia debe mantenerse a lo largo de todo el programa. En fin, se trata de generar en los profesores participantes, la idea de que habitualmente, casi ninguna investigación científica se hace de manera individual y desarticulada, sino por el contrario se desarrolla como una tarea colectiva en la cual se comparten experiencias, se procesan puntos de vista, se hacen aportes conceptuales, se hace realmente un trabajo cooperativo que redunde en que se logre, en este caso particular, cambiar concepciones, cambiar actitudes y cambiar prácticas habituales en la enseñanza de las ciencias, en la expectativa que las nuevas concepciones, ideas, creencias y prácticas de alguna manera permitan mejores usos de los “aprendizajes acerca de la enseñanza” por parte de quienes los han logrado. El trabajo cobra muchísima más relevancia para los efectos del programa que adelantamos cuando estamos esperando a corto plazo cualificar los aprendizajes de los estudiantes de dichos profesores, los cuales serán futuros profesores de química.

De otra parte también es preciso aclarar con el equipo de profesores, que el trabajo docente no ha de entenderse como una actividad aislada. En tal sentido, ningún profesor debería sentirse ni absolutamente desbordado ni tampoco desmotivado por las dificultades que en sí mismas arrojan los retos actuales en la enseñanza de las ciencias; lo esencial es generar a través de un trabajo colectivo una conciencia crítica para comprender que las mejoras sustanciales en la enseñanza no se dan sino se hace investigación sobre las prácticas habituales y si no se indagan nuevas posibilidades. Ello ha de transformar un motivo de desaliento en un motivo de interés al aproximarnos realmente al trabajo de investigación en educación científica.

Así pues, dada la complejidad de la actividad docente, estas dificultades tienen que convertirse en fuentes de fortaleza para romper justamente, con lo que muchos autores han denominado la inercia ocasionada por la enseñanza habitual centrada en modelos excesivamente transmisivos, donde se parte del supuesto que el profesor es el protagonista absoluto en el acto educativo y que los estudiantes se constituyen exclusivamente como espectadores que reciben y asimilan los conocimientos impartidos por los profesores. Por lo tanto, se

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

procura en definitiva superar modelos habituales de enseñanza de las ciencias, incorporando las actividades docentes como una tarea colectiva de innovación, de investigación y de formación permanente, tarea colectiva que implica que comprendamos que los currículos, los contenidos y las secuencias de lo mismos, no deben ser abordados de manera individual por los profesores como si cada uno solamente da cuenta de los cursos que imparte, sino más bien para apreciar la orientación global de los programas, la estructura global de los planes de estudio y comprender que se hace necesario que esa programación efectivamente sea propuesta, organizada y desarrollada de manera colectiva.

En relación con el conocimiento de la materia a enseñar, se discute con los profesores sobre conceptos generalizados que efectivamente pudieron evidenciarse en el equipo. La respuesta casi inmediatamente afloró fue la de “conocer la materia a enseñar”. Como hemos visto esta concepción es apenas obvia; de hecho no podemos dejar por fuera uno de los elementos básicos para que logremos justamente alcanzar una educación de calidad el cual es precisamente conocer muy bien y en profundidad la materia a enseñar. Sin embargo, ahora hemos de comprender que no nos podemos quedar únicamente con esa perspectiva.

En trabajos precedentes (Furió y Gil, 1989), han demostrado que al efectuar trabajos similares con profesores de ciencias, la respuesta a la pregunta de lo que debemos saber los profesores de ciencias de cara a una docencia de calidad, es la materia a enseñar; como reacción se puede comprender que habitualmente el énfasis en la formación de profesores ha sido el de los contenidos científicos de los profesores, al punto que cuando se supone indagar con los profesores sobre lo que debería ser la enseñanza y el aprendizaje hay un énfasis en la enseñanza y en el aprendizaje de contenidos conceptuales, olvidando otros elementos claves del conocimiento científico que son parte consustancial para garantizar un aprendizaje de mayor nivel de comprensión y de significación por parte los estudiantes. En tal sentido, debe destacarse con los profesores que luego de un análisis riguroso a esta pregunta y que pareciera que apenas han alcanzado respuestas aparentemente superfluas, es justamente debido a modelos de enseñanza habituales, con los cuales han aprendido desde la educación básica, que se refuerzan este tipo de respuestas al imaginar que todo lo que debe aprenderse de las ciencias, y por tanto, lo único importante son los contenidos conceptuales. Se ignoran otros factores relevantes que Shulman (1987) denomina los paradigmas perdidos del conocimiento en lo que tiene que ver con otras formas del conocimiento científico.

A.11. Un aspecto que valdría la pena resaltar es la discusión en torno a las nuevas políticas que en materia de formación de profesores se han presentado en Colombia. Dichas políticas, presentadas en documentos y en material visual a los profesores, han insistido en tratar de transformar un principio recurrente en la educación científica en los niveles básico y medio en Colombia: al suponerse que se trata de una educación inicial, de una educación preliminar, una educación que prepara o bien para el mundo

de trabajo o para el mundo de la profesionalización de los trabajos, será necesario que los estudiantes aprendan una gran variedad de contenidos conceptuales de las ciencias para apropiarse de lo que podríamos denominar una alfabetización científica básica.

Sin embargo tras años en procura de transformar estas concepciones arraigadas culturalmente, las nuevas políticas han procurado empezar a impulsar la idea de que la educación científica básica y media, tiene que constituirse como un espacio eficaz para que además de propiciar el aprendizaje de algunos conceptos básicos en ciencias, ante todo apoye la formación de ciudadanos que comprendan y valoren las implicaciones sociales –tanto positivas como negativas- del conocimiento científico y el impacto que éste ha generado en el desarrollo de la humanidad. En consecuencia, se hace necesario empezar a replantearnos si valdría la pena centrarnos exclusivamente en enseñar a nuestros estudiantes –los alumnos de los profesores que hacen parte del programa de formación- contenidos estrictamente conceptuales o si por el contrario, debemos empezar a mirar otras dimensiones del conocimiento científico tales como la actitudinal y la procedimental. Investigaciones como las relaciones ciencia, tecnología, sociedad (CTS) y las implicaciones en el favorecimiento de cambios actitudinales en los estudiantes han venido incorporándose no solamente en normativas sino en prácticas habituales en los procesos de formación de profesores de ciencias, lo cual implica nuevos retos para los profesores dado que se empieza a descentrar el papel de la enseñanza basada exclusivamente en contenidos conceptuales, para pasar a desarrollar en el aula de clase y en los procesos formales de educación en ciencias contenidos actitudinales y su implicación en la vida cotidiana de los estudiantes.

Sin embargo, llama la atención que incluso, en los programas de formación de profesores de ciencias, muchas veces el tratamiento de los contenidos de la materia a enseñar no se aborda con rigurosidad, con el supuesto que se encuentran sólidamente consolidados desde la formación inicial del profesor. Así como se reclama que dicha componente en los conocimientos del profesor no puede ser la única, también se destaca que no porque habitualmente es la que rápidamente se considera, se deba descuidar la formación permanente en aspectos propios del conocimiento científicos; autores como Zalamea y París (1989) y Tobin y Espinet (1989) han alertado acerca que la falta de conocimientos científicos constituye la principal dificultad para que los profesores se involucren en actividades innovadoras y lo conduzcan a ejercer su

práctica docente como un proceso de transmisión mecánica de la información contenida en los libros de texto.

Desarrollar un análisis riguroso de estos planteamientos de cara a lo que deben ser los elementos básicos de las competencias profesionales de un profesor universitario de ciencias.

Comentarios A.11. Coll (1988), indica que definitivamente sería una carencia que generaría gravedad fuerte en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias el desconocimiento por parte los profesores de la materia que enseñan. Ello podría conducir a que efectivamente el profesor se conformara con seguir siendo un transmisor de conocimiento, ya que quedaría reducido a memorizar una serie de contenidos incomprensibles para él, para después pasar a enseñarlos a otros estudiantes. Ideas en esta misma dirección han sido desarrolladas por Appleton (1995).

Así pues, conviene reflexionar con el equipo en el sentido que nos encontramos ante la tensión de comprender que los conocimientos que los profesores deberíamos saber y todo el conjunto de lo que debemos saber hacer para impartir una docencia calidad, no puede limitarse únicamente a los conocimientos de la materia enseñar, pero tampoco podemos diluir ese aspecto tan importante al considerar otros aspectos que como ya se han discutido a lo largo del programa de formación, han generado la idea de que hay otros elementos importantes. Cuando nos estamos refiriendo a la materia a enseñar, es importante comprender una serie de elementos que hacen parte de lo que significa la materia a enseñar, especialmente cuando consideramos los aportes de la historia y la filosofía de las ciencias. Este punto será tratado a continuación en el marco del presente programa de formación.

A.12. Presentar una síntesis de los principales aspectos que responden a la idea de “conocer la materia a enseñar”.

Comentarios A.12. Se espera con ello identificar las concepciones previas de los profesores respecto al papel de la historia y de la epistemología de la ciencia como parte importante de los conocimientos sobre la materia a enseñar, es decir, para no reconocer este aspecto únicamente como teorías y conceptos científicos.

Los profesores desarrollaron las siguientes ideas sobre lo que en particular deberíamos comprender cuando hablamos sobre “conocer la materia a enseñar”:

- *Tener ideas claras acerca de los problemas centrales de la disciplina.*
- *Conocer los puntos disciplinares de dificultad de los estudiantes al abordar cierta temática.*

- *Conocer adecuadamente el lenguaje de la disciplina.*
- *Relacionar muy bien conceptos, teorías y experimentos.*
- *Desarrollar adecuadamente relaciones de tipo práctico con habilidades experimentales.*
- *Conocer algunos aspectos históricos del conocimiento científico.*

A.13. Dada la sencillez del lenguaje y la profundidad con que asume las diferentes perspectivas epistemológicas la obra desarrollada por Alan Chalmers ¿Qué es esa cosa llamada ciencia?, comenzaremos a analizar las perspectivas que se indican en dicha obra. Para ello, se propone que los profesores hagan lectura de cada capítulo según agenda preestablecida, y cada uno presente en profundidad una temática particular con el propósito de favorecer la discusión respecto a sus concepciones habituales acerca del conocimiento científico para promover la interiorización conciente y posterior elaboración de nuevas ideas. Además de la obra citada, utilizaremos como referente a Duschl (1997) y a Wartowsky (1989). Se acuerda dedicar algunas sesiones para hacer lecturas comentadas aunque también se ha acordado que algunas de esas lecturas se harán extra tiempo para poder avanzar con mayor significación, es decir, a las sesiones se llega con documentos previamente elaborados por los profesores a partir de las lecturas previas que se hacen. Para que esta actividad genere un mejor aprendizaje, se sugiere que las lecturas previas se realicen en equipos por binas de profesores.

Esta actividad resulta relevante para la comprensión, interiorización y elaboración de concepciones sobre la epistemología de la ciencia, que como vamos a ver, ayudan a profundizar mucho más el significado de “conocer la materia a enseñar”.

Comentarios A.13. Ha llamado mucho la atención la terminología que sugiere Duschl en la obra antes citada, donde hace mención sobre como los profesores habitualmente nos preocupamos por la enseñanza “de” los conocimientos, es decir, por la estructura visible y explícita expuesta en teorías y en conceptos científicos. Sin embargo esto ha hecho que muchas veces dejemos de lado aspectos muy importantes sobre la naturaleza interna e implícita del conocimiento científico y que justamente es la que le da la fundamentación y sentido a los conocimientos. A esos conocimientos implícitos Duschl los denomina conocimientos “sobre” el conocimiento científico.

Las sesiones venideras, que son más o menos cuatro, se dedican a atender en profundidad el significado del conocimiento “sobre” el conocimiento científico y particularmente a que los profesores conozcan algunas de las tendencias contemporáneas más importantes para discutir sobre los modelos epistemológicos sobre el conocimiento científico.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

En particular se discute en torno a la postura epistemológica del inductivismo. En este punto abordamos los problemas que acarrea la inducción y los problemas de la observación. Otra postura a desarrollar es el falsacionismo, aquí se considera el trabajo de Karl Popper. Las posturas epistemológicas estructuralistas se plantearon desde dos grandes orientaciones: los programas de investigación científica de Imre Lakatos y los paradigmas y las revoluciones científicas de Tomas Kuhn. Se hace también referencia a las tesis del racionalismo, del relativismo, del objetivismo y del realismo no representativo.

Vale la pena mencionar, que con anticipación a la introducción a las perspectivas epistemológicas del conocimiento científico como componente fundamental de “conocer la materia a enseñar”, las concepciones previas sobre la ciencia y la actividad científica han sido auscultadas en los profesores antes del inicio de este programa de formación. Sus resultados se describen en el capítulo 4 de la presente memoria. Este cuestionario nos permitió encontrar algunos resultados preliminares de tal forma que se puede, en general, ubicar a los profesores en las tendencias más habituales sobre la naturaleza de las ciencias, muy próximas a posturas de naturaleza inductivista y positivista. Un propósito de este programa de formación, es lograr cambios conceptuales respecto a la enseñanza de las ciencias, lo cual implica un cambio conciente en los profesores participantes respecto a sus concepciones acerca de la ciencia y de la actividad científica (procuramos pasar a través de un proceso de aprendizaje de connotación constructivista, de concepciones habituales sobre la ciencia a concepciones sobre la ciencia más próximas con los fundamentos de la investigación contemporánea en educación en ciencias). En general, se pretende que los profesores se acerquen a posiciones más aproximadas hacia lo que serían concepciones contemporáneas de la naturaleza del conocimiento científico, es decir, concepciones más próximas a puntos de vista epistemológicos contemporáneos.

Para comenzar describiendo la síntesis conceptual que elaboraron los profesores (a través de escritura de ensayos, entrevistas estructuradas, y ejercicios de diálogo constructivos), se abordó la noción de “naturaleza” desde su etimología de la raíz griega physis, relacionada con los verbos crecer o nacer y desde allí se tratan los diferentes enfoques sugeridos a lo largo de la historia de la ciencia para comprender la naturaleza del conocimiento científico. Los primeros filósofos presocráticos emplean la idea de Physis con tres significados diferentes: a) que se trata de una sustancia primordial de la que surgieron todas las cosas, b) que es un proceso de crecimiento y diferenciación de las cosas a partir de una sustancia original y, c) que es el resultado del proceso de crecimiento y diferenciación. Este último significado corresponde mejor con la traducción latina de natura, que conduce a la idea de lo natural y que daría lugar a la palabra naturaleza. En la cultura griega, cuna del pensamiento occidental, no se postula una palabra precisa y unívoca para connotar nuestro término actual de ciencia. Por el contrario, varios vocablos fueron empleados con la idea de explicar la ciencia: filosofía o “amor por la

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

sabiduría”, epistemi o el “conocimiento del conocimiento mediante la contemplación y la especulación” y, el peryfysis o historia o la “investigación acerca de la naturaleza”. Duschl (1997), sugiere que la filosofía de la ciencia se soporta en una tríada donde confluyen tres componentes que en suma, nos brindan las claves para comprender el conocimiento científico. Dichas componentes son la metafísica, la lógica y la epistemología.

Ha resultado muy interesante evidenciar actitudes positivas de los profesores en relación con estos aspectos de la epistemología de la ciencia; de hecho manifiestan su agrado hacia estas lecturas, desarrollan interesantes auto-reflexiones y reflexiones colectivas, incluso buscando en ciertos momentos consejerías de profesores especializados en filosofía de la ciencias de la Universidad. Inés afirma que lo que consideraba anteriormente como “temas inocuos”, los encuentran ahora como piezas claves para comenzar a dar sentido a la práctica profesional del profesor de ciencias, en este caso como químicos y como profesores de química. En general, el grupo de profesores lamenta que en sus programas de formación inicial no hubieran tenido la posibilidad de aproximarse a estas perspectivas de los conocimientos científicos; recuerdan que estos eran cursos optativos que casi nadie inscribía.

La metafísica, tendencia de la filosofía la ciencia que da cuenta de la pregunta ¿qué existe y cuál es la naturaleza o estructura de lo que existe? Es posible abordarla desde dos tendencias. La primera sugiere que la metafísica es especulación sin prueba o justificación alguna y se deriva de una investigación científica concreta y empírica; la segunda tendencia sugiere que se trata de un pensamiento sistemático, crítico y especulativo como parte de la ciencia siendo entonces un “esquema conceptual general” desde el cual se formulan las hipótesis de las teorías científicas.

La metafísica pasa a ser entonces, desde la segunda perspectiva para su análisis, un elemento fundamental de la filosofía de la ciencia que contribuye a la elaboración de ideas reguladoras, es decir, a una heurística de la ciencia. Puede entonces tener implicaciones relevantes para la enseñanza de las ciencias, ya que a partir de un pensamiento creativo, con preguntas de naturaleza metafísica puede apoyarse la construcción de problemas interesantes para los estudiantes que luego podrían ser susceptibles de elaborarse como contenidos científicos escolares.

Desde el punto de la componente epistemológica de la filosofía de la ciencia, interesan preguntas como las siguientes: ¿cómo se produce el conocimiento científico? ¿Cómo justificamos nuestras pretensiones acerca del conocimiento?, es decir, ¿Cómo se valida y cómo se socializa el conocimiento científico? La epistemología, entendida como teoría sobre el conocimiento científico, brinda instrumentos para la adquisición y consolidación del conocimiento científico y para comprender aspectos especiales de los que los científicos se valen para llegar a conocer. Desde este punto de vista, interesa a la epistemología reflexionar

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

sobre el papel que juega la observación en el conocimiento científico, el papel de la descripción y la clasificación, de la inferencia del razonamiento de la ciencia, de la naturaleza de las hipótesis, del papel de los modelos, leyes y teorías científicas, y de las condiciones acerca de las características del descubrimiento científico. En consecuencia, la metodología de la ciencia tiene un interés epistemológico, y por ello la justificación por la elaboración de conocimientos sobre diferentes "modelos epistemológicos". Desde cada modelo, es posible entonces considerar y comprender cómo se hacen razonamientos de las ciencias, cuál es el papel de las hipótesis, cómo surgen las teorías y los conceptos, cuáles son las condiciones y características del descubrimiento científico, y ante todo, cuál es el papel sociológico del conocimiento científico, es decir, cuáles son las actividades de la comunidad científica y lo que ello significa. Los modelos inductivistas han sido racionalizados desde la perspectiva de autores tales como Comte y Bacon, el modelo falsacionista desde los puntos de vista de Popper, los modelos estructuralistas se asumen desde las perspectivas de los Programas de Investigación propuestos por Lakatos y desde las propuestas de las Revoluciones Científicas y de los Paradigmas Científicos sugeridas por Kuhn; también se analizan los modelos racionalistas, relativistas, objetivistas y realistas representativos.

Luego del estudio y análisis de los diferentes modelos epistemológicos, es posible, haciendo un examen de las características curriculares implícitas de los currículos universitarios de ciencias, que habitualmente, la enseñanza de la ciencia se centra fundamentalmente en las posiciones propias del inductivismo. José y Pedro aceptan la importancia que se le concedía al "método científico", suponiendo que con solo seguirlo podrían garantizar resultados positivos en una investigación científica. El grupo de profesores acepta que se trata de un tema al cual no se le prestaba la atención ni el tiempo necesario para reflexionarlo fundamentadamente. Inés se pregunta hasta qué punto fuera razonable desarrollar clases de ciencias con contenidos diferentes apoyándose en modelos epistemológicos diferentes, por ejemplo basadas en la orientación falsacionista del conocimiento científico, o en las estructuras de paradigmas y revoluciones científicas. Todo ello, a su juicio, "para poder evidenciar hasta qué punto estas secuencias de aprendizajes impactan de manera diferente en el resultado de los estudiantes". Se empieza así a evidenciar la preocupación de los profesores por lograr de alguna manera que estos cambios (aprendizajes) a nivel de sus nuevas concepciones sobre epistemología tengan implicaciones directas en la manera como se organizan y desarrollan las actividades de clase.

Volviendo al conocimiento sobre la estructura de la filosofía de la ciencia, se estudia la tercera componente: la lógica que comprende preguntas sobre cómo se relacionan los conceptos científicos entre sí, acerca de lo que es una inferencia válida, o un razonamiento correcto y qué es la verdad en la ciencia. Cada cultura tecnológica puede dar una connotación distinta a la lógica del conocimiento científico, entendiéndola como el análisis de las formas de la inferencia que se pueden ocupar de las definiciones, es decir en relación a cómo precisar significados y a

comprender cómo los conceptos se relacionan unos con otros, o cómo un concepto se define en función de otro concepto.

Comentario adicional 7 debido a la dinámica del programa. En este punto nos encontramos en la sexta semana de trabajo y durante este tiempo transcurrido el coordinador del programa puede constatar cómo efectivamente se evidencia una actitud muy positiva hacia el programa y una motivación hacia querer explorar sus implicaciones en la enseñanza la ciencia. Se deja constancia que falta por fundamentar algunos otros elementos, en particular de la historia de la química, pero que desde ya, a modo de innovación a la práctica docente, propuestas como la sugerida por Inés se podrían ir abordando. Pedro afirma la importancia de reconocerse en un modelo epistemológico, pues comprendiendo ahora cómo esos modelos se han desarrollado, en buena medida dependiendo de los propios avances del conocimiento científico, podrían encontrarse alternativas, para que a su vez, cada uno de los profesores “pasara”, si lo considera conveniente y si esto le ayuda a entender mejor el conocimiento científico, a otros modelos. Se insiste en los profesores, que sus modelos actuales, reconocidos por ellos mismos cercanos por completo a la tesis del inductivismo, se debe, por una parte, a que nunca antes habían tenido oportunidad de reflexionar sobre la epistemología de la ciencia, y por otra, a que era el imaginario implícito, desde la enseñanza de las ciencias, de lo que siempre se considera es el conocimiento científico.

A. 14. Presentar los resultados alcanzados luego del análisis de los diferentes aspectos de la filosofía de la ciencia, y en particular, de los modelos epistemológicos, mediante carteleras, artículos, mapas conceptuales, etc.

Comentarios A. 14. Se valora en este punto el conocimiento de la epistemología de la ciencia como fuente de comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica. La ciencia griega se caracteriza por un razonamiento deductivo, tanto con fines constructivos como para atacar las ideas del contrario; el razonamiento deductivo permitiría a la cultura griega, a partir de supuestos considerados verdaderos, alcanzar conclusiones particulares. Para la ciencia griega, la observación de la naturaleza es el punto de partida para lograr conocer hechos verdaderos. Esta tesis se preservaría y se desarrollaría activamente a lo largo de la edad media y durante e periodo de la ciencia conocido como la alquimia. A partir de siglo XVII, con los primeros albores de la revolución científica, empieza a surgir una tendencia epistemológica más desarrollada respecto al razonamiento deductivo: el empirismo. Desde esta corriente de pensamiento, se prevé superar la ciencia escolástica medieval caracterizada por el dogmatismo en el conocimiento científico, es decir, aquella tendencia que supone la importancia en la deducción a partir de observaciones de la naturaleza como alternativa para la búsqueda de conocimientos verdaderos (solo aquellos que llegaran y compartieran estos conocimientos verdaderos serían aceptados, de lo contrario serían rechazados).

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

La corriente empirista comenzó a consolidarse fuertemente desde el siglo XVII y aun es posible evidenciarla a través de textos de ciencias y de metodologías aplicadas a la enseñanza de las ciencias. El empirismo enfatiza en la importancia de la experiencia como reproducción del conocimiento científico. Esta corriente, en un nivel de mayor desarrollo, daría origen desde los albores del Siglo XX al positivismo lógico, corriente de pensamiento sostenida por los filósofos del llamado círculo de Viena. Al positivismo lógico se le considera como una versión moderna del empirismo y sus postulados básicos son: a) la experiencia es la única fuente de conocimiento científico, b) la producción de conocimiento científico se logra mediante el método científico, entendido como un conjunto de reglas de aplicabilidad universal para conocer los fenómenos del mundo y para obtener conclusiones válidas a partir de ellos, c) la actividad científica comienza con la observación, ésta es objetiva, no mediatizada por ideas, d) la observación y la teoría son cosas totalmente distintas, se pueden observar y descubrir fenómenos naturales y conceptos científicos, sin comprender los principios generales del mundo, y e) el descubrimiento de la lógica de la ciencia se reduce a la comparación o justificación de la teoría.

El grupo presenta los elementos fundamentales del modelo epistemológico positivista a partir del análisis de algunos autores sobre la obra "Novum Organum" publicada en 1620 por el inglés Francis Bacon. Este filósofo de las ciencias defiende la noción del método inductivo, la actividad científica se inicia con la observación y selección de materiales de la naturaleza y de interés para identificar el conocimiento que ellos mismos guardan, sigue con el desarrollo de experimentos a gran escala para conocerlos en profundidad, hasta encontrar resultados verdaderos partiendo de una gran masa de evidencia. Esta propuesta del método en la ciencia, tiene gran correspondencia con el trabajo experimental habitual en las ciencias. De hecho, su orientación clásica es proponer hechos como objetos de estudio, los cuales se indagarán a partir de observaciones personales y de observaciones derivadas de experimentos; los resultados se validan a partir de una gran variedad de evidencia experimental (repeticiones exitosas siguiendo el mismo procedimiento) y se contrastan con otras evidencias obtenidas (experimentos adelantados en otros momentos por otras personas); de la homogeneidad de los resultados obtenidos se puede definir la validez (y por tanto la aceptación) del experimento de manera que con ello se decide si se consideran científicos o no.

Por otra parte, se discuten los puntos de vista que sobre la ciencia propone el francés René Descartes en su obra "El discurso del método" publicada en 1637. Descartes, a diferencia de Bacon, defiende el método deductivo a partir de la impresión de nuestras ideas. Desde esta postura epistemológica sobre el conocimiento científico, se considera la posibilidad de descubrir todo lo que sea realmente cognoscible; en consecuencia no solo se conoce lo que existe y el experimento es un auxiliar del pensamiento deductivo. Los profesores hacen críticas muy interesantes respecto a su práctica docente habitual, pues encuentran que es una mezcla entre las posturas inductivistas y deductivistas. El punto de partida para aplicar el método

científico es el mundo (el cual contiene los conocimientos a descubrir y a aprender), pero es a través de nuestras ideas como decidimos qué conocimientos elaborar del mundo; por ello las enseñanzas enfatizan en los estudiantes que solamente a partir del conocimiento se puede comprender aquello que se conoce, en términos de Descartes, todo lo que es racionalmente cognoscible. Por ello, puede concluirse que en el contexto de una docencia habitual, el experimento es un auxiliar del pensamiento científico.

Una autocrítica hecha por los profesores, es la separación de objetivos, metodología y evaluación, entre las clases de carácter teórico y las clases de carácter experimental. Dado que en las primeras se presentan los contenidos conceptuales, las segundas se dedican a la comprobación de las teorías que se tratan en los momentos de clase teórica. La conclusión fundamental a la que llegan es que sus clases teóricas tienen un modelo de corte inductivo a la luz de lo que plantearía Bacon, mientras que sus clases experimentales tienen un fundamento más deductivo a la luz de lo que plantearía Descartes, es decir, en las clases de teoría toman la naturaleza como punto de partida y desarrollan teorías, y en las clases de trabajo experimental utilizan las teorías como auxiliar el pensamiento científico (como formas de demostración de teorías).

Apoyados en diversos autores (Chalmers (1989) e Izquierdo (1996), se analizaron en detalle los principales puntos de vista que sobre la ciencia y la actividad científica proponen Popper (1962), Lakatos (1978), Kuhn (1962), Feyerabend (1975), Bachelard (1938), Laudan (1978) y Toulmin (1972). Fundamentalmente, a manera de síntesis en este gran bloque de los elementos de filosofía de la ciencia y concretamente de las concepciones sobre la ciencia y la actividad científica, el profesorado del programa participante desarrolla un conjunto de conclusiones básicas, producto de la discusión de algunos libros de referencia; también en este punto vale la pena mencionar que los profesores han decidido invitar a algunas sesiones de trabajo a profesores del Departamento de Humanidades, expertos en temas de filosofía de las ciencias, para que hagan con ellos algunas presentaciones básicas. Han podido suscitar discusiones muy interesantes en las cuales han consolidado análisis críticos en torno a las posturas inductivas en la ciencia, fundamentalmente en relación con la corriente positivista y han elaborado aprendizajes significativos gracias a la comprensión de algunas de las características esenciales de lo que se podría considerar como “la nueva naturaleza del conocimiento científico”. Las principales conclusiones son:

- *Las teorías científicas son explicaciones que representan nuestras mejores creencias razonadas sobre lo que nos rodea, es decir, en sí mismas constituyen un poder cognitivo importante para que representen lo que nosotros creemos es el mundo. El conocimiento es subjetivo, va desde nuestras mentes hacia el mundo, y le da sentido justamente a lo que se puede ver.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *Las teorías científicas identifican y dan sentido a los problemas que abordan, los fundamentan e indagan en concordancia con los principios de la teoría, entonces no es la naturaleza la que permite indagar o cuestionar una determinada teoría, sino es la teoría la que en sí misma define si es coherente en la medida en que pueda aplicarse y pueda explicar adecuadamente la realidad.*
- *Desde las teorías científicas se definen las metodologías para operativizar las situaciones problemáticas y las pautas para evaluar los resultados obtenidos en la investigación que se cursa, es decir, las teorías científicas no solamente desarrollan contenidos conceptuales sino también desarrollan contenidos metodológicos, definen las acciones a seguir para operativizar situaciones problemáticas, que son parte consustancial del conocimiento científico.*

Comentario adicional 8 debido a la dinámica del programa. Los profesores llaman la atención acerca de que a pesar de desarrollar trabajo experimental con sus estudiantes, no los habían pensado como modos de desarrollar contenidos metodológicos; en realidad, afirman que por contenidos se referían en general a teorías y conceptos, los cuales organizan en sus materias en formas de temas de estudio. Empiezan a comprender que una cosa era hacer una serie de prácticas experimentales con la finalidad principal de hacer demostraciones para corroborar teorías y saber así si se trata de teorías verdaderas (como las actuales) o falsas (estudiando teorías que han quedado en el pasado y que han perdido su vigencia), y otra que favorece ahora ver el trabajo práctico de laboratorio como elemento consustancial de las teorías y que ayuda a identificar un tipo de aprendizaje novedoso: el de contenidos metodológicos. Refieren entonces el papel del experimento como parte de la investigación científica, que no es exactamente ni el punto de partida ni el punto de llegada, sino que hace parte, como lo enfatizan, del proceso mismo de una investigación científica; en consecuencia, el experimento “deriva de las teorías y contribuye a conformar las teorías”, es un conjunto de estrategias de pensamiento apoyadas en técnicas que permiten la operativización de situaciones problemáticas. Teniendo en cuenta que las situaciones problemáticas no son siempre las mismas, empieza a cuestionarse sobre la generalidad del método científico, que nos propone que una misma metodología se puede utilizar para desarrollar cualquier tipo de investigación científica.

En este punto los profesores han cuestionado bastante la idea de un método científico único y en consecuencia, se han referido a que en la ciencia es muy importante el método (suma de técnicas básicas del trabajo científico orientadas desde diversas estrategias dependiendo del problema y de la teoría que procura resolverlo); sin embargo se enfatiza en que la ciencia no puede emplear un solo método sino “diversos métodos”, de acuerdo con las situaciones que se estén abordando, de acuerdo con los niveles de desarrollo de las teorías y fundamentalmente de acuerdo con las expectativas mismas de la investigación científica.

Por otro lado se ha llegado a la comprensión que no necesariamente siempre hay consenso entre las comunidades científicas en relación con una teoría, es decir, no se puede hacer referencia a una teoría única y exclusiva que se considere como válida y que una vez aceptada por la comunidad científica es aceptada como tal. Se refieren a indicadores racionales y sociológicos para comprender cómo se acepta o cómo se rechaza una teoría científica y cómo al interior de una misma teoría puede haber divergencias entre los científicos. Una teoría no se acepta entonces por ser verdadera sino por sus niveles de desarrollo en relación con otras teorías respecto a ciertos problemas objetos de estudio creados por ellas mismas.

A.15. Los aportes de la nueva filosofía de la ciencia abordados hasta esta altura del programa, contribuyen a que todos podamos comprender que deberían haber otras intencionalidades al momento de preparar las actividades de enseñanza de la ciencia, las cuales van no solamente con que los estudiantes se apropien de un conjunto de teorías y conceptos, sino que a la luz de esas teorías y conceptos puedan solucionar problemas interesantes a través del desarrollo de estrategias adecuadas. Construir colectivamente ideas acerca de cómo debiera ser esta relación teorías – metodologías en forma de estrategias.

Comentarios A.15. Se pretende que los profesores discutan en torno a la coherencia entre las teorías científicas (el saber qué) y los procedimientos que los estudiantes, en el acto de aprendizaje, deben desarrollar para poner en práctica sus conocimientos (el saber cómo). Si bien en las próximas sesiones del programa se tratarán en detalle las cuestiones relativas a los contenidos procedimentales, es importante ir destacando con los profesores que el aprendizaje de las ciencias implica reconocer que desde el conocimiento cotidiano o de sentido común, elaboramos teorías (aunque implícitas) y diseñamos metodologías para resolver situaciones. Al mismo tiempo es importante ir aproximando al equipo de profesores a la consideración de una tercera categoría de los conocimientos: los conocimientos actitudinales que en lo educativo, se organizan en forma de contenidos actitudinales, los cuales, son casi siempre olvidados por los profesores de ciencias al momento de programar, desarrollar y evaluar los cursos de ciencias.

Producto de un análisis cuidadoso y comprensivo de la situación propuesta, el equipo de profesores llega a conclusiones interesantes que vale la pena resaltar en este punto de la presentación de la dinámica del programa. Mientras el conocimiento cotidiano nos ayuda a describir cómo funciona el mundo, el conocimiento científico nos ayuda a explicar por qué ocurre un fenómeno dado y cómo ocurre dicho fenómeno. La descripción del mundo es un problema de carácter cotidiano, cómo funciona, cómo opera, pero resolver preguntas sobre el mundo nos ayuda a controlarlo. Así, desde el conocimiento científico intentamos explicar: ¿Cómo ocurre un fenómeno?, ¿por qué ocurre?, ¿para qué ocurre? Pedro resalta que se trata de preguntas de indagación científica. Pero, como afirma el equipo de profesores, los hechos en sí mismos no proporcionan comprensión del mundo, sino que son nuestras ideas, creencias,

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

prácticas y teorías las que nos permiten interactuar con el mundo y a partir de dicha interacción, elaboramos conocimientos. Las teorías y las explicaciones propuestas, constituyen nuestras comprensiones de esas interacciones (representaciones sobre el mundo). A partir de estas tesis, los profesores han podido cuestionar una actividad habitual de su práctica docente: suponer que la ciencia es un conjunto de hechos de cuya sistematización se alcanzan las teorías; dependiendo de cuantos hechos existan, así mismo es el número de teorías científicas. El cambio en las concepciones epistemológicas de los profesores que se ha comenzado a apreciar, conduce a una comprensión alternativa por parte de los profesores: el mundo no es un conjunto de hechos aislados, se pueden aglutinar de acuerdo a ciertos problemas específicos lo que empieza a darle sentido a las diferencias esenciales en los objetos del conocimiento de las ciencias naturales como la química, la biología y la física, en la medida en que aglutinan hechos muy particulares y desde la perspectiva teórica que cada una de las disciplinas orienta, entonces buscan comprender y dar explicaciones al respecto.

Las teorías no resultan ser un conjunto de datos sino por el contrario son las teorías las que dan significado a los datos, es una conclusión interesante porque empieza a verse un punto de vista que supera las posiciones positivistas; las teorías no están hechas simplemente para explicar hechos y datos, sino justamente para darle significado a los datos. El experimento juega un papel muy importante como parte de un programa de investigación que procura dar sentido, predecir y controlar el mundo. Entonces, desde este punto de vista, nuestros conocimientos científicos sobre el mundo desarrollan tanto contenidos teóricos y conceptuales como contenidos procedimentales. Las técnicas y las estrategias concebidas y empleadas para resolver un problema hacen parte de los contenidos que se desarrollan en la ciencia para resolver problemas.

Comentario adicional 9 debido a la dinámica del programa. La observación depende de las teorías es una de las principales conclusiones logradas en lo corrido de este programa. Otro avance importante es el cuestionamiento que se hace a los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de la química. El énfasis en que las conclusiones de los experimentos fueran anotaciones sistemáticas y rigurosas de las observaciones que los estudiantes hacían lo comprenden ahora desde una connotación positivista del conocimiento; cuestionan las guías habituales de laboratorio que se emplean en el Departamento de Química de la Universidad, dado que dan como ellos dicen, mucho énfasis a una observación neutral. A la luz de la filosofía contemporánea de las ciencias, son las teorías científicas las que dan sentido y significado a los datos, cuestionan la fiabilidad y la objetividad de los datos provenientes de los sentidos. Finalmente, otra conclusión muy importante obtenida hasta aquí, es que la ciencia no se desarrolla con un método, sino que existe diversidad de métodos, cada uno con sus propias reglas de validación, técnicas y estrategias.

A.16. Con lo avanzado hasta ahora, ¿Cómo incorporar los conocimientos y los aportes recientes de la historia de la ciencia a todos estos aspectos propios de la naturaleza del conocimiento científico y fundamentalmente como implicar estos aportes de la epistemología y en general de la filosofía de la ciencia y la historia la ciencia en la enseñanza de la ciencia?

Comentarios A.16. Se pretende que a partir de este momento, a los cambios en las concepciones epistemológicas de los profesores, se les considere la perspectiva de la historia de las ciencias como referente para comprender dichas concepciones a partir del desarrollo teórico de la química a lo largo de su historia.

Los profesores deciden indagar algunos aspectos y para ello empiezan a sugerir situaciones para estudiar algunos aspectos históricos de la química que habitualmente se introducen en los programas curriculares. Producto del análisis de tópicos como la teoría atómica, el desarrollo de conocimientos acerca del mol y la cantidad de sustancia, el desarrollo de las teorías sobre la acidez y la combustión, el desarrollo de las teorías estructurales en la química orgánica y el desarrollo de teorías sobre el enlace químico, los profesores intentan alcanzar esta meta.

Los profesores examinan las referencias bibliográficas que se sugieren en los diferentes programas de los cursos de química de la carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital. Concluyen que en la mayoría de ellos (cerca del 95%), no hay casi nunca referencias a obras, libros o artículos especializados en historia la química que contribuyan a fortalecer los contenidos que los profesores abordan en su práctica docente. Cuestionan los alcances de esta situación. Para ello, el coordinador del programa presenta algunas ideas, los resultados de algunas investigaciones en este campo (Traver i River, 1996) y algunos documentos donde se tratan las relaciones entre la historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias (Matthews, (1994; Izquierdo, 1996). Para tal efecto discuten en profundidad los problemas de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias; el coordinador del programa presenta apartes de una obra suya (Mosquera, 2000). En general, se discuten como punto de partida, algunas consideraciones que se han venido dando acerca de la naturaleza del conocimiento de la historia la ciencia y el aporte fundamental que ésta da a la didáctica de las ciencias. Después de analizar significativamente estas comprensiones, el equipo de profesores aborda apartados de algunos textos especializados en Historia de la Química (Brock, 1998; Bensaude – Vincent y Stengers, 1997; García y Bertomeu, 1999, Cubillos et al, 1989).

Los aspectos conceptuales que han fundamentado el estudio de algunos contenidos de historia de la química, han motivado abordar la situación problema en torno a los aportes de la investigación en historia de la ciencia al conocimiento científico. En síntesis, el equipo concluye que la historia de la ciencia ayuda a la enseñanza de la ciencia porque motiva e interesa a las personas que se aproximan al conocimiento científico, humaniza los contenidos, proporciona

una mejor comprensión de los conceptos científicos mostrando su desarrollo y perfeccionamiento, concede un valor intrínseco en la comprensión de ciertos episodios cruciales de la ciencia, demuestra que la ciencia es mutable y que en consecuencia el conocimiento científico actual es susceptible de ser transformado, combate las ideologías científicistas y permite un conocimiento más rico del método científico mostrando las pautas del cambio en las metodologías de la ciencia.

A.17. Con lo tratado hasta ahora, convendría revisar una vez más algunas ideas en torno a la pregunta que ha direccionado el programa en lo corrido del mismo: ¿Qué deberíamos saber y sabe hacer los profesores de química?

Comentarios A.17. Ahora que se han incluido nuevas ideas sobre los conocimientos de los profesores de ciencias, en este caso los correspondientes a la historia de la química, vale la pena propiciar una reflexión, ahora más amplia, de lo que se recoge en torno al saber la disciplina que se enseña.

Mediante un mapa conceptual conjunto, los profesores del programa han intentado hacer una síntesis respecto al contenido de la materia a enseñar, en particular acerca de la pregunta sobre ¿qué debemos saber los profesores en relación con la materia que enseñamos? El mapa incluye algunos aspectos propios de la filosofía de la ciencia haciendo referencia a los aspectos metafísicos, epistemológicos y lógicos, y también a algunos aspectos propios de la historia la química. Vale la pena mencionar que en algunas de las actividades de acompañamiento pedagógico al profesorado organizadas por la Universidad, se han trabajado instrumentos de programación de cursos y de evaluación de los aprendizajes y en ellos se han tratado los mapas conceptuales. De esta forma, se trata de instrumentos con los cuales los profesores ya están familiarizados.

Comentario adicional 10 debido a la dinámica del programa. Todo lo anteriormente desarrollado, se encuentra en consonancia con lo que Furió (2001) denomina conocer el contenido de la asignatura, lo cual implica conocimientos que van mucho más allá de los contenidos teóricos. Estos son mucho más complejos y diversos tal y como lo sugiere Coll (1988) y Bromme (1988). La cuestión fundamental analizada en estas sesiones, se ha centrado en que diversos estudios han mostrado la importancia excesiva de un conocimiento profundo de la materia a enseñar, hasta el punto en que su ausencia constituye quizás, el obstáculo fundamental para una actividad innovadora; por ello se han clarificado los diversos conocimientos de la materia a enseñar que la componen. Estos conocimientos, no solo tienen que ver con los conceptos, las teorías y los principios científicos (aspectos que hemos convenido denominar como “conocimientos disciplinares”), sino también incluyen los aportes de la epistemología y la historia de la ciencia (aspectos que hemos convenido denominar como “conocimientos metadisciplinares”).

En particular, conocer la historia de la ciencia no sólo resulta ser un aspecto básico de la cultura científica general que un profesor precisa, como lo plantea Moreno (1990), sino primordialmente como una manera interesante para poder asociar los conocimientos científicos con los problemas que originaron su construcción (Bevilacqua y Kennedy, 1983; Pessoa de Carvalho, 1988; Matthews, 1990; Matthews, 1994; Furió, Azcona y Guisasola, 1999; Solbes y Traver, 1996). También resulta útil para evidenciar el papel de la historia de la ciencia con la posibilidad de superar la imagen simple de construcciones arbitrarias (Otero, 1985; Otero, 1989).

Además se asocia la idea con conocer cuáles fueron las dificultades y los obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1938) que ha tenido que superar la comunidad científica, también como ayuda imprescindible para comprender las dificultades de los alumnos (Saltiel y Viento, 1985; Furió, Hernández y Harris, 1987; Domínguez y Furió, 2001) y también para evaluar cómo evolucionan dichos conocimientos, cómo se han articulado en cuerpos coherentes y cómo se evita apropiarse de visiones estáticas y dogmáticas, que en general deforman la naturaleza del conocimiento científico (Gagliardi y Giordan, 1986). De otro lado, se encuentra el conocimiento de las orientaciones metodológicas empleadas en la construcción de los conocimientos, es decir, la forma como los científicos abordan los problemas con la ayuda de la metafísica, la epistemología y la lógica como partes consustanciales de la filosofía de las ciencias. Estos conocimientos en torno a la filosofía de las ciencias ayudan a desarrollar la noción de los contenidos procedimentales comprendiendo la importancia que tienen los criterios de validación y aceptación de las teorías científicas como parte importante en la actividad de la investigación científica (Gil, 1986). Así pues se trata un conocimiento esencial para orientar adecuadamente las prácticas de laboratorio (Gil y Payá, 1988), para mejorar la resolución de problemas y para fundamentar las orientaciones actuales en didáctica de las ciencias sobre la resolución de problemas (Gil y Martínez - Torregrosa y Senent, 1988), y fundamentalmente para favorecer la posibilidad del aprendizaje en los estudiantes a la manera de la construcción de conocimientos (Gil et al, 1991).

Se trata también de examinar las interacciones desde el conocimiento científico, la ciencia, la tecnología y la sociedad. Furió y Vilches (1997), Gruender y Tobin (1991) y Aikenhead (1985) conceden un importante reconocimiento a los contenidos actitudinales como elementos fundamentales para comprender la ciencia y la actividad científica por parte de los estudiantes, y en consecuencia para ser tratados por parte los profesores. Esto es muy importante para generar una imagen no deformada del conocimiento científico, y sí más bien para comprender que se trata de una actividad que desarrollan hombres y mujeres de ciencias que dedican su vida al desarrollo del conocimiento y que principalmente su preocupación es la solución de problemas interesantes en cada momento histórico, problemas que podrían suscitar en caso de

no ser resueltos, dificultades para el sostenimiento de la especie humana y en general de la vida y del mundo que nos rodea.

En esta medida se ayuda a superar la imagen habitual del conocimiento científico como un conjunto de experimentos raros y afortunados, que son más bien motivo de novedad para los estudiantes, que fuente de elaboración y asunción de un compromiso claro por comprender la naturaleza del conocimiento científico y en general por ayudar al desarrollo de los contenidos actitudinales. De hecho, con esta nueva perspectiva del aporte de la historia de la ciencia, se contribuye a superar la imagen de la enseñanza de la ciencia como simple transmisión de contenidos conceptuales, olvidando otros aspectos de naturaleza metodológica y actitudinal los cuales los aportan esencialmente los fundamentos obtenidos de los conocimientos propios en la filosofía y en particular en epistemología) y en historia de la ciencia.

Otros autores han indicado que la enseñanza contemporánea de las ciencias debe superar los aprendizajes de cambios conceptuales, entendidos únicamente como cambios en los contenidos conceptuales olvidando el desarrollo de aspectos históricos y de aspectos metodológicos (Solbes y Vilches, 1989); Jiménez y Otero, 1990; Bybee y De Boer, 1994). Con todos los argumentos fundamentados que los profesores han logrado concluir, se considera que los conocimientos apoyados en aspectos históricos también permiten conocer significativamente los desarrollos científicos recientes y sus perspectivas, es decir, aproximarse a comprender la esencia de lo que llamaría Gil (1991) los “problemas frontera”, donde encontremos cuáles son los niveles básicos de desarrollo del conocimiento. Furió (1997) sugiere el papel de la historia de la ciencia para comprender los “problemas puente”, es decir las interacciones entre los diferentes campos de conocimiento y los procesos de unificación que se procuran hacer al interior de las comunidades académicas dedicadas a la investigación científica.

El conocimiento científico, es decir, el conocimiento de la materia a enseñar, apreciado desde las perspectivas epistemológicas e históricas, amplía en definitiva el rango de las concepciones preliminares sobre esta materia. De hecho, ahora es posible que comprendan que la materia a enseñar es la resultante de cuando menos, tres grandes componentes: los conocimientos de naturaleza conceptual, los conocimientos de naturaleza procedimental y los conocimientos de naturaleza actitudinal. Esta nueva concepción del conocimiento científico, a juicio de los profesores, ha permitido ayudarlos a cambiar sus ideas y creencias respecto a la que debe considerarse y debe hacerse al momento de determinar la selección y secuenciación de contenidos. Con estos argumentos, se ha empezado a revisar con el equipo de profesores, las recientes políticas elaboradas en Colombia acerca de los estándares básicos de competencias en ciencias naturales. Analizando en detalle el documento correspondiente (Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales en Colombia, 1994), se aprecia que se incluyen explícitamente orientaciones para que el aprendizaje de las ciencias naturales incluya actividades sobre contenidos conceptuales (manejo conocimientos propios de las ciencias

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

naturales), metodológicos (me aproximo al conocimiento como científico natural) y actitudinales (desarrollo compromisos personales y sociales).

La reflexión del grupo da un matiz específico a lo que se espera se aborde en lo que resta del desarrollo del programa: construir colectivamente cómo comprender y poner en práctica claves para la enseñanza de la química que no solamente tengan en cuenta aspectos conceptuales es decir, conceptos, teorías y principios, sino considerar conjuntamente las relaciones prácticas de los conocimientos conceptuales y que obedecen a contenidos metodológicos que no son universales ni generales, sino por el contrario directamente ligados con los principios de la teoría que se aprende. De igual forma, para considerar las implicaciones sociales de la ciencia mediante conocimientos actitudinales que permitan definir no solamente nuevas predisposiciones por parte de quien enseña o quien aprende hacia el conocimiento científico, sino para que dichas predisposiciones impacten realmente en la vida de quienes aprenden evidenciando aplicaciones de los conocimientos que están aprendiendo no solamente de carácter personal sino de carácter local y de carácter global. Esta perspectiva de los nuevos estándares, apoyada en enfoque de enseñanza de corte constructivista, tiene una profunda implicación en la educación científica. Por ello, el documento se ha valorado como un esfuerzo conceptual importante de cara a re-direccionar las finalidades educativas de las ciencias en Colombia. Sin embargo, queda la pregunta en los profesores del programa: ¿basta con promover una nueva política pública en educación en ciencias en Colombia para promover el cambio en los aprendizajes de los estudiantes? El equipo reconoce que ha percibido un cambio a través del programa que se encuentra adelantando, pero ¿qué pasa con la masa del profesorado de ciencias, desde los niveles básicos hasta los superiores, que no han tenido la oportunidad de aproximarse al conocimiento y comprensión de las nuevas ideas y prácticas en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias?

En general, se puede concluir que un buen dominio del conocimiento de la materia que se enseña, va mucho más allá de la pretensión inicial que se tenía hace unos pocos meses cuando iniciaba el desarrollo de este programa, es decir, suponer que se trata tan solo de conocer muy bien las diferentes teorías y fundamentalmente estar permanentemente actualizado con esas teorías; en estas alturas del programa, los profesores consideran otros aspectos propios de la naturaleza del conocimiento científico como parte consustancial, especialmente los que tienen que ver con la historia de la ciencia, con la epistemología de la ciencia y con las implicaciones del conocimiento científico en la sociedad a través de sus impactos técnicos y tecnológicos.

CONCEPCIONES DE SENTIDO COMÚN SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

A. 18. Creemos que en este punto del desarrollo del programa, hemos avanzado significativamente en cuanto al cambio de nuestras concepciones respecto a lo que debemos saber de las materias que enseñamos. Podemos empezar entonces a indagar nuevos aspectos, en particular en lo que tiene que ver con los conocimientos de sentido común que sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias manifestamos los profesores de ciencias. Para ello se solicita a los profesores que enumeren, a título de hipótesis, algunas ideas habituales que tenemos respecto a la enseñanza y al aprendizaje de la ciencia que pudiéramos explicitar en la perspectiva de lograr un replanteamiento de lo que es la actividad docente.

Comentarios A.18. Se supone, que con lo hasta aquí trabajado, los profesores tienen importantes elementos para destacar ideas habituales en relación con las actividades más frecuentes que adelantan en el acto de enseñanza y de aprendizaje. Básicamente se solicita considerar aspectos en relación con lo que se hace para que los estudiantes aprendan conocimientos científicos, con la forma como se planea y se pone en práctica la evaluación de los aprendizajes, con el tipo de actividades que habitualmente adelantan los estudiantes, etc. Este aspecto nos habrá de permitir comenzar a fundamentar lo que comprendemos por el conocimiento habitual docente. Se trata que las concepciones evidenciadas en los profesores empiecen a ser complementadas con evidencias de carácter práctico; por tanto desde este momento será importante empezar a evaluar algunos de los aspectos propios de lo que los profesores realizan en su práctica docente a través de observación directa, y del análisis de lo observado en las sesiones del equipo de trabajo.

A. 19. Como parte de algunas ideas para el análisis en relación con las concepciones acerca de la enseñanza y del aprendizaje de la ciencia, ¿cuál es el papel del profesor en la enseñanza y en el aprendizaje, y cuál el papel de los estudiantes en la enseñanza y en el aprendizaje?

Comentarios A. 19. Los profesores admiten que antes de la instrucción, los estudiantes deberían haber aprendido el conocimiento necesario para enfrentar con éxito nuevos conocimientos, así como que también debieran manifestar motivaciones e intereses generales por la materia, es decir, se necesitan estudiantes con unos contenidos previamente aprendidos, pero también estudiantes con unos grados mínimos de motivación para que puedan interesarse por los nuevos materiales de estudio. En relación con la evaluación, destacan que el objeto de ésta se centra en reconocer los aprendizajes de conocimientos conceptuales, dejando de lado

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

conocimientos de naturaleza metodológica y actitudinal. Se considera la motivación como un pre-requisito, como algo extrínseco al aula de clase y no como algo que se elabora con el aprendizaje de los estudiantes.

Los profesores admiten que enseñanza y aprendizaje son dos eventos diferentes en la educación en ciencias. Su responsabilidad es programar con detalle cada uno de los cursos asignados, actualizar el programa, impartirlo, evaluar a los estudiantes y entregar los reportes finales al jefe de Departamento. Consideran, que la responsabilidad de los estudiantes es asistir cumplidamente al curso, cumplir con la presentación de las tareas que se dejen, entregar en el tiempo previsto los informes de laboratorio y participar en las evaluaciones. Se evidencia con claridad que no asumen ninguna corresponsabilidad entre la enseñanza y el aprendizaje; es decir, asumen dos actos completamente diferenciados que por el contrario en muchas ocasiones generan tensiones: el profesor es quien se encarga de planificar y enseñar conocimientos, pero no debería ser el profesor quien se encarga de administrar la disciplina y la atención de los estudiantes (al fin de cuentas se trata de jóvenes que ya han de ser autónomos y responsables de sus propios actos, que si están cursando una carrera de Licenciatura en Química, es porque se supone que esa es la carrera que les interesa y que ejercerán en su futuro profesional).

En general, de acuerdo con lo manifestado por los profesores, en un curso universitario los estudiantes son los encargados de aprender los conocimientos que enseña el profesor, y en consecuencia para que esto sea posible han de atender con disciplina las explicaciones del profesor y deben ser muy responsables para cumplir con los deberes y compromisos que se requerirían necesarios para que aprendan los contenidos del curso. Se aprecia en consecuencia que al menos por ahora, los profesores no admiten que los problemas de aprendizaje puedan ser de su incumbencia.

A. 20. Otra cuestión que nos interesa discutir, para luego profundizar a la manera como lo hemos venido haciendo, es: ¿por qué los estudiantes no aprenden –o aprenden parcialmente y casi nunca completamente - las ciencias que les enseñamos?

Comentarios A. 20. Al indagar con los profesores aspectos relativos al por qué los estudiantes no aprenden o no aprenden adecuadamente los contenidos que se les enseña, las referencias que hacen se sustentan en explicaciones debidas a que los alumnos no comprenden los contenidos que se les enseña. Al profundizar en este problema que los profesores diagnostican, los nulos o escasos niveles de comprensión pueden explicarse debido a varios factores: a) no poseen bases científicas adecuadas, b) no poseen bases matemáticas sólidas, c) no poseen los conocimientos teóricos necesarios para poder aprender un nuevo tema, d) no

tienen suficiente motivación por la materia. Como podemos apreciar, no consideran la posibilidad de la influencia de la enseñanza en los resultados del aprendizaje.

A. 21. Ya hemos planteado algunas ideas para tratar de encontrar posibles explicaciones a asuntos tan importantes en la educación científica, tales como el papel del profesor y del estudiante, y las dificultades de aprendizaje. Convendría ahora que el equipo de profesores discutiera y diera razones en torno a: ¿cómo debe ser la evaluación en la educación en ciencias de tal forma que ésta sea eficaz?, y, ¿cómo debe ser el programa curricular de un curso de química en educación superior para que éste favorezca la mejor calidad en los aprendizajes de los estudiantes?

Comentarios A. 21. En cuanto a referencias sobre la evaluación y el currículo de ciencias, se argumenta que para que un profesor pueda enseñar adecuadamente en un curso de química, debe primero que todo, tener un dominio de nivel excelente acerca de la disciplina a enseñar. Estos conocimientos, como ya ahora lo explican conveniente los profesores, incluyen los conocimientos en epistemología de las ciencias y en historia de las ciencias. Si embargo, afirman que a este bloque de conocimientos, debe sumársele los conocimientos psicopedagógicos y el entrenamiento de habilidades y destrezas para poder manejar técnicas apropiadas de enseñanza y de manejo del grupo.

Adicionalmente a estas consideraciones, los profesores sostienen la tesis que un profesor experto se diferencia de uno novato en la medida que sabe controlar adecuadamente la disciplina de los cursos; según ellos, el éxito del aprendizaje es poner a los estudiantes en situación de desarrollo de variadas actividades (entre más variadas mejor porque menos monótona se hace la clase), todo ello para comprometer el máximo tiempo posible de los estudiantes, sin que ello vaya a contribuir en que se desborde la disciplina de los estudiantes. Por otro lado, la organización curricular de un programa, debe procurar organizar los contenidos desde los más simples hasta los más complejos, así los primeros años de la carrera se dedican a contenidos de la química muy generales y los últimos se dedican a su profundización para con los estudiantes puedan ingresar a trabajar en alguna línea de investigación. Sugieren, que dada la extensión del conocimiento en química, debe mantenerse la organización como hasta ahora se tiene (químicas generales, químicas inorgánicas, químicas orgánicas, químicas analíticas – cualitativa, cuantitativa e instrumental -, fisicoquímicas, termodinámicas, bioquímicas, radioquímicas, entre otras) procurando dar la mayor cantidad de contenidos posibles porque muchos de ellos o no se vuelven a repetir o si lo hacen, tan solo es para retomarlos ya que son la base para contenidos de mayor nivel de complejidad.

En cuanto a los conocimientos psicopedagógicos de los profesores, admiten que son conocimientos que poco dominan (al fin y al cabo no se los enseñaron en su condición de estudiantes de química y que la Universidad debería ayudarles a fortalecer esta área). Pero en la perspectiva de sus estudiantes, dado que van a desempeñarse como futuros profesores de química una vez obtengan su grado de Licenciados en Química, suponen que los cursos deberían tener un tratamiento más o menos similar, es decir, que vayan desde lo más simple hasta lo más complejo, y que intenten a lo largo de todo el currículo, de abordar la mayor cantidad de contenidos posibles, pues suponen que al igual que pasa con el conocimiento de la química, los conocimientos en psicopedagogías deben también ser abundantes.

A. 22. Teniendo en cuenta el inventario de ideas que sobre la enseñanza, el aprendizaje y el currículo en la educación en ciencias en el nivel superior se ha elaborado, pasemos ahora a discutir en relación con la pregunta: ¿qué es la didáctica de las ciencias? y, ¿cómo debiera aprenderse la didáctica de las ciencias?

Comentarios A. 22. Una de las tendencias más fuertes derivadas de una docencia del sentido común es suponer que la enseñanza de las ciencias no es una actividad fundamentada en un cuerpo de conocimientos, en consecuencia se la considera como un conjunto de técnicas y de habilidades para emplear dichas técnicas aplicadas al dominio que debe poseer un profesor para orientar las clases teóricas y prácticas de ciencias. De hecho, luego del debate participativo de los profesores, sus ideas se centran en aspectos tales como que la didáctica de las ciencias nos ayuda a manejar convenientemente las clases experimentales, nos ayuda al conocimiento de técnicas para poder desarrollar y controlar las evaluaciones y para aprender a controlar la disciplina de la clase, En tal sentido, confirmando elementos de la primera hipótesis de esta investigación, la enseñanza de las ciencias se considera un aspecto puramente instrumental (un trabajo eminentemente práctico que no requiere de una fundamentación teórica). Comprenden que a lo largo de la historia, la humanidad ha elaborado conocimientos que tienen evidentes propósitos culturales y también comprenden que dichos conocimientos han de ser transferidos a las jóvenes generaciones no solo para que los conozcan, sino para que en un futuro inmediato, se encarguen de sus consecuentes desarrollos. Como lo afirma, José, habría que pensar cómo pasar desde propósitos culturales hasta propósitos educativos en general y en la enseñanza en particular. Por ello suponen que la didáctica de las ciencias debe ser el puente entre lo cultural – educativo y la enseñanza – aprendizaje, cuestión que implica apropiarse de técnicas adecuadas de enseñanza, siempre pensando en la dirección de cómo mejorar los aprendizajes de nuestros estudiantes.

En síntesis, en relación con algunas ideas de sentido común hacia la docencia, que hemos podido identificar en esta parte del programa, destacan las siguientes: a) el profesor debe siempre tener como objetivo el cumplimiento cabal del programa de los cursos que imparte, b) debe procurarse, a pesar de las preguntas de los estudiantes, de no salirse de la secuencia de

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

contenidos, pues la química es muy extensa y se correría el riesgo de perder “tiempo valioso” en el tratamiento de sus teorías y aplicaciones, c) el éxito de la enseñanza de la química es que los estudiantes aprendan la mayor parte de los contenidos científicos para que enfrenten con éxito los cursos siguientes, d) el profesor es responsable de explicar con la mayor claridad posible los contenidos propios del curso, y los estudiantes de motivarse por la clase, de atenderla con responsabilidad y de participar y cumplir con todas las actividades programadas por el profesor.

Como se puede apreciar, las ideas espontáneas sobre la enseñanza han permitido identificar un modelo implícito en los profesores, el cual ha podido ser contrastado por el coordinador del equipo, observando algunas sesiones de clase de teoría y de clases de laboratorio: el enfoque explicativo, mediante el cual el profesor expone los conocimientos transmitiendo la estructura conceptual de la disciplina (no se hacen explícitos otras tipologías de contenidos debido a que como los profesores lo manifiestan, a pesar que ahora son conscientes de esta falencia, no los pueden incluir “sobre la marcha” ya que no están contemplados en el programa oficial que han pasado y desde el cual son evaluados por la Universidad). Los temas que se enseñan surgen del orden lógico de la disciplina y por tanto no responden a situaciones problémicas que merecieran ser tratadas en las clases de ciencias y tampoco se intentan hacer explícitas las conexiones que debieran existir entre los nuevos conocimientos con los conocimientos que deben tener los estudiantes antes de la instrucción.

En síntesis se vislumbran tendencias curriculares donde prima la extensión de los contenidos por sobre la profundidad en el tratamiento de los mismos; los contenidos tienen un orden centrado en las disciplinas y en la organización que proponen los libros de texto y por tanto, no se considera otra forma de organización como por ejemplo, que éstos se desarrollen a partir de situaciones problémicas de interés según los ámbitos de aplicación de la especialidad química que se trata en el curso.

Otra conclusión que podemos extraer de estas ideas auscultadas en los profesores, es que la organización de los contenidos de un curso de ciencias no tiene ninguna relación con el tipo de estudiantes a los que va dirigido, es decir, la enseñanza parece ser una “actividad neutral”. Ello se evidencia cuando los profesores aceptan que habitualmente programan sus cursos independientemente del tipo de carrera que adelantan sus estudiantes (un mismo curso se puede impartir usando las mismas actividades, independientemente si los estudiantes se forman para ser médicos, químicos, licenciados en química, ingenieros químicos, etc.). Se desconoce la idea que los cursos y la secuenciación de sus contenidos así como la diversas actividades de enseñanza y aprendizaje, dependen del nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes, de sus intereses profesionales, y de competencias profesionales específicas. La enseñanza, se reitera, se considera como algo neutral que puede tener una aplicación metodológica universal. De igual forma, se evidencia que los profesores aceptan que la

principal metodología de enseñanza de las ciencias es la clase expositiva (para el tratamiento de los temas teóricos) y el seguimiento a guías de laboratorio (para el tratamiento de los temas prácticos).

Los profesores sostienen que el tratamiento de aplicaciones teóricas de la ciencia (ejercicios de lápiz y papel), se enseñan también por explicación. Según ellos, si el estudiante conoce el fundamento teórico, podrá después mecanizar los procedimientos de resolución de ejercicios. Las prácticas de laboratorio requieren, a su juicio, una fundamentación previa en el desarrollo de ciertas técnicas (entre ellas indican separación de mezclas, análisis – cualitativos, cuantitativos e instrumentales-, etc.) y el seguimiento cuidadoso a las guías pre-establecidas.

A.23. En consonancia con las ideas expuestas y debatidas a lo largo de las recientes sesiones de este programa, se propone indicar la secuencia que siguen las clases de teorías y las clases de laboratorio, tal y como ellos tradicionalmente las han venido desarrollando.

Comentarios A.23. Se espera en esa parte del programa, redondear las ideas habituales de los profesores respecto a la enseñanza y a la consideración del estatus epistemológico de la enseñanza, como fase previa para que a la manera de un conflicto cognitivo, se propicien cambios significativos relevantes en cuanto a un factor adicional relativo a los conocimientos de los profesores: los conocimientos en torno a la enseñanza desde los cuales, se fundamentan tratamientos prácticos que rehacen explícitos en el acto de enseñanza y de aprendizaje. Logrado este cambio en lo conceptual, lo actitudinal y lo procedimental en torno a lo que debemos saber y saber hacer los profesores de ciencias en relación con la enseñanza, estaríamos en la posibilidad de abordar nuevos principios conceptuales y nuevos desarrollos prácticos en torno a la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y el currículo.

A la pregunta en torno a los modos habituales de secuencia de una clase, en primera instancia los profesores aceptan, que con algunas diferencias según el tipo de contenido y el nivel de los estudiantes, en realidad podrían referirse a un solo modelo de enseñanza: la explicación como fuente fundamental para el aprendizaje de los estudiantes. De otra parte, la secuencia de enseñanza es organizar los contenidos que se han de abordar con los estudiantes, revisar los fundamentos matemáticos que pueden tener en caso que así lo amerita el tema, definir la metodología básica de enseñanza, los materiales de trabajo (guías, videos, lecturas, páginas web, etc.) y las evaluaciones que se aplicarán. La metodología general es la siguiente: se presenta el tema a tratar, se hace un breve repaso de los contenidos previos requeridos para el aprendizaje de la nueva temática, se presentan los contenidos apoyados en la explicación del profesor, se ilustran las operacionalizaciones matemáticas requeridas, se ilustran ejercicios de aplicación, en los temas que den a lugar se presentan películas o se trabaja con software especializados –para simulaciones especialmente-, se repiten ejercicios de lápiz y papel

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

tomados de los libros de texto, y se aplican evaluaciones terminales. En lo concerniente a los trabajos prácticos de laboratorio, básicamente la preparación consiste en preparar las guías de laboratorio, verificar la existencia de materiales y de reactivos necesarios, pedir a los estudiantes la entrega de unos pre-informes (instrumento para conocer si dominan las técnicas a utilizar y si conocen los procedimientos a seguir) y revisar los informes finales que son los que indican los resultados de la evaluación. Los profesores admiten, luego de sus aprendizajes sobre contenidos epistemológicos de la ciencia, que se trata de prácticas con una clara concepción inductivista de la ciencia. Esperan, como resultado de este programa, presentar una propuesta de reorientación global a las prácticas de laboratorio oficializadas por el Departamento de Química, en este caso, que tengan en cuenta los fundamentos epistemológicos novedosos que han tenido oportunidad de comprender.

A través de la evaluación, los profesores admiten que procuran identificar los aprendizajes de los estudiantes sobre las teorías (de hecho, las preguntas obtenidas de los cuestionarios que elaboran, enfatizan en la capacidad de memorización de los estudiantes, pues la mayoría de las preguntas apuntan a identificar lo que los estudiantes pueden evocar de la información suministrada por el profesor. En cuanto a ejercicios de lápiz y papel, la evaluación intenta evidenciar los grados de mecanización de los mismos; se trata de ejercicios de nivel creciente de complejidad aritmética pero en últimas, son aplicaciones técnicas de cuestiones más o menos similares. De las prácticas de laboratorio, la evaluación se concentra en el informe final con mínima atención a los procedimientos seguidos.

Comentario adicional 11 debido a la dinámica del Programa. Con estas consideraciones, puede decirse que los trabajos prácticos de laboratorio no se organizan según secuencias de contenidos procedimentales y por ello, no interesa evaluar los aprendizajes de los estudiantes en cuanto a esta componente de los conocimientos científicos. En las prácticas habituales, no interesa fundamentar hipótesis y los resultados obtenidos no se analizan a la luz de un cuerpo de conocimientos. Los datos obtenidos, son en sí mismos, teorías concluidas (lo cual reitera una fuerte concepción inductivista de las prácticas de laboratorio descritas con anticipación en cuadernos de guías de laboratorio. De hecho, no se consideran las hipótesis como alternativas para operativizar un cuerpo teórico de conocimientos desde el cual se "observa" el problema a tratar y mucho menos, las prácticas obedecen a preguntas sobre situaciones problémicas. Tal y como se encuentran, son espacios de demostración de los temas abordados en sesiones teóricas de clases de ciencias.

En cuanto a contenidos actitudinales, éstos no se consideran ni en la programación, ni en el desarrollo, ni en la evaluación de las clases de ciencias. La motivación de los estudiantes es un asunto externo a la clase, a juicio de los profesores, es algo así como un requisito previo que los estudiantes deben tener antes de la instrucción. Si un estudiante está reprobando un curso, pueden motivarse, en términos de los profesores, elaborando trabajos adicionales que pueden

desarrollar para tratar con ellos de compensar las notas deficientes que hasta el momento han obtenido; tal y como se presentan, dichos trabajos supletorios no se hacen con una vocación y con un interés de aplicación del conocimiento científico con el ánimo, por ejemplo, de evaluar impactos técnicos y tecnológicos de los conocimientos en la sociedad, sino más bien resultan ser tareas adicionales en forma de “castigo” –estímulo externo- que deben desarrollar algunos estudiantes. En relación con el tiempo necesario para el aprendizaje, los profesores asumen que se trata del tiempo que se necesita para explicar con detalle los conocimientos a los alumnos. No se explicita la idea del tiempo para el aprendizaje como aquel requerido para que el estudiante comprenda convenientemente situaciones de la ciencia.

Así pues, cuando nos estamos refiriendo al “tiempo adecuado”, no se llega a conclusiones tales como el necesario para favorecer en los estudiantes el aprendizaje. En cuanto a la evaluación, se asume como un mecanismo para verificar los contenidos aprendidos por los estudiantes, para saber si el estudiante está en capacidad de realizar ejercicios correctamente, y para saber si sigue adecuadamente guías de laboratorio. La evaluación es una actividad discontinua, casi siempre terminal y constituye el momento periódico más importante de un curso de ciencias pues es allí donde se sabe quiénes merecen calificaciones positivas y quiénes no. No se trata la evaluación como herramienta para el desarrollo de la enseñanza, del aprendizaje y del currículo tratado. Finalmente, teniendo en cuenta que la actividad docente se considera como una práctica artesanal (repetitiva y rutinaria), no se supone el trabajo profesional del docente como un espacio colectivo en el que se comparten problemas, se tratan argumentadamente de cara a encontrarles alternativas de solución; no se considera al profesor como miembro de una comunidad especializada encargada de abordar problemáticas asociadas con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias.

A.24. Dado que a lo largo del programa nos hemos venido refiriendo al conocimiento de sentido común y al conocimiento cotidiano, conviene que hagamos una reflexión detallada para que saquemos a la luz lo que comprendemos es esta clase de conocimiento. Se propone la escritura de algunas ideas, su puesta en común y el debate en equipo.

Comentarios A.24. Producto de lo tratado hasta aquí conviene trabajar con los profesores algunas ideas fundamentales sobre lo que se comprende acerca del conocimiento cotidiano. Mediante un análisis cuidadoso, apoyado en algunos autores que han propuesto reflexiones al respecto, se desea llegar a la comprensión de este conocimiento como aquel que desarrollamos las personas en la vida diaria, es independiente de los niveles de formación educativa que hayamos alcanzado y tiene como principio ofrecerse en forma inmediata, sin muchos requisitos de análisis. Por ello algunos autores lo denominan conocimiento superficial. Se centra en respuestas obtenidas a partir de nuestras impresiones, provenientes de lo que captan nuestros sentidos y se aprende básicamente por imitación. Prácticamente todas las

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

actividades de la vida cotidiana están permeadas por nuestros conocimientos de sentido común y por tanto las rigen y les dan sentido. Desde esta perspectiva, la actividad de la enseñanza, y concretamente la actividad del profesorado, puede explicarse desde una concepción cotidiana de la práctica docente. Y al igual que sucede con otras actividades humanas, las rupturas hechas respecto a los conocimientos cotidianos, ha llevado a la elaboración de otras formas de conocimientos, más alejadas de lo perceptible, de lo que observamos a simple vista, y más sustentadas en cuerpos de conocimiento (teorías como inventos desde las cuales interactuamos con el mundo). Este es el caso del conocimiento científico. En relación con el aprendizaje, surgen ideas relativamente similares. En la medida que la reflexión pedagógica gira en torno a cómo recirculan los conocimientos propios de las culturas en un auténtico hecho educativo, se ha considerado necesario plantear alternativas sobre la enseñanza y sobre el aprendizaje. Dichas alternativas, se han consolidado en cuerpos de conocimientos (la didáctica de las ciencias es uno de ellos) de manera que sus principios rompen en mucho, respecto a nuestras concepciones cotidianas sobre la enseñanza. Así las cosas, a menos que una persona se integre –lo cual se logra a través de procesos de aprendizaje- a las comunidades especializadas que investigan y aportan a la construcción de conocimientos sobre la enseñanza, muy probablemente sus ideas, creencias, actitudes y prácticas estarán más próximas a las que se derivan desde el conocimiento cotidiano sobre la docencia.

Así pues, se propone al grupo desarrollar en torno a estas consideraciones la necesidad de adquirir conocimientos teóricos sobre la enseñanza del aprendizaje de las ciencias; además de lo que se aprendería al respecto, podría ser una alternativa para superar ideas de sentido común sobre la enseñanza y para lograr realizar una crítica fundamentada a la enseñanza habitual. Con estos logros, podríamos estar en capacidad de saber preparar actividades de aprendizaje alternativas a las habituales, saber dirigir la actividad de los alumnos, saber evaluar el proceso de enseñanza y de aprendizaje, y poder implicarnos en tareas de innovación y de investigación en educación en ciencias.

Comentario adicional 12 debido a la dinámica del Programa. La identificación de algunas ideas de sentido común sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, arrojó resultados muy interesantes para la dinámica del programa. Hasta lo recorrido en este programa, se ha logrado que los profesores desarrollen una comprensión significativa con relación a problemas relativos a la estructura filosófica del conocimiento científico y con relación a los aportes de la historia de la ciencia a la enseñanza de la ciencia, ambas dimensiones que ayudan a ampliar nuestro espectro de ideas respecto a lo que debe saber el profesor, y particularmente, respecto a sus conocimientos sobre la materia a enseñar. Con estos nuevos conocimientos, se ha logrado hacer una crítica fundamentada a nuestras concepciones y prácticas en torno al papel de la naturaleza del conocimiento científico en el aprendizaje de la ciencia (el papel de los contenidos procedimentales). Se espera ahora que de manera análoga, a partir de las ideas explicitadas por los profesores respecto a sus creencias sobre la enseñanza de las ciencias, y

mediante una aproximación constructiva y conciente al estado del arte de la investigación y la innovación contemporánea en Didáctica de las Ciencias, se generen nuevas comprensiones sobre la educación en ciencias que conduzcan a cambiar las concepciones, actitudes y prácticas habituales en la enseñanza de las ciencias.

Para ello, se ha de procurar poner en consideración el conjunto de ideas expresadas por el equipo de profesores, de tal manera que a medida que se vaya profundizando en el desarrollo del programa, puedan ir abordándose tratamientos conceptuales propios de la didáctica de las ciencias experimentales. Es deseable hacer análisis detallado a algunas investigaciones que sobre la enseñanza de las ciencias se reporta en medios de comunicación especializados.

A.25. Procuremos entonces enumerar, a título de hipótesis, algunas preconcepciones de los profesores sobre cualquier aspecto de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias que puedan ser de interés para ponerlas de manifiesto y para analizarlas con vistas a un replanteamiento de la actividad docente.

Comentarios A.25. Al respecto el coordinador del programa presenta una recapitulación de lo trabajado hasta el momento y recuerda que dentro de los grandes bloques de conocimientos que se han venido analizando en relación con lo que los profesores de ciencias debemos saber y saber hacer para mejorar los resultados del aprendizaje de la ciencia en nuestros estudiantes, lo cual corresponde por demás a un proceso complejo que involucra elementos no solo de carácter conceptual sino también actitudinal y metodológico, vale la pena también preguntarnos acerca de cuáles son los conocimientos teóricos sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, cómo se favorecen acciones para poder realizar una crítica fundamentada en la enseñanza habitual, cómo preparar actividades de aprendizaje, cómo dirigir las actividades de los alumnos, cómo evaluar el proceso de enseñanza y aprendizaje, y cómo implicarnos en tareas de innovación e investigación propias de la didáctica de las ciencias experimentales. A continuación se presentan algunas de las fundamentaciones teóricas abordadas.

Estudios precedentes como los realizados por Tobin y Espinet (1989), muestran que uno de los principales problemas para la cualificación de la práctica docente en los profesores de ciencias es la falta de dominio en los conocimientos científicos; sin embargo esta problemática parece estar acompañada de otra dificultad que procede de aquello que los profesores ya sabemos, es decir, de lo que Furió (1994) ha denominado "pensamiento docente de sentido común". Varias referencias citadas por Furió (2001), tales como Gené y Gil (1987), Shuell (1987), Hewson y Hewson (1988), Gil (1991, 1994 y 1996), Calatayud, Gil y Jimeno (1992), Porlán (1988 y 1993), Furió (1994 y 1995) dan cuenta que la investigación en educación en ciencias empieza a comprender que los profesores tenemos un conjunto de ideas, de actitudes y comportamientos sobre la enseñanza de las ciencias, fundamentalmente debidas a la impregnación ambiental

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

que nos ha acompañado desde nuestra época en que nos hemos desempeñado como alumnos, y debidas también al ejercicio de socialización profesional, llegando a la conclusión que fundamentalmente terminamos adelantando las actividades de enseñanza como habitualmente hemos creído que corresponde o como fundamentalmente siempre hemos visto que en general se desarrolla este proceso.

La impregnación ambiental ha marcado una gran influencia en el profesorado de ciencias, porque responde a un conjunto de experiencias que la hacen ver como una tarea apenas natural y de sentido común; en la discusión que se abre aquí con profesores, se hace referencia a cómo el ejercicio de la enseñanza se supone que para que ésta sea efectiva, basta por una parte, con tener un buen dominio de la materia a enseñar y por otra, tener facilidad para desempeñarse hablando en público. Los profesores hacen referencia a lo que ellos han denominado una “formación innata”, debida a una práctica impulsada por antepasados de su línea familiar que se han desempeñado como profesores.

Vale la pena mencionar cómo el estudio de las ideas docentes de sentido común, están asociadas con el desarrollo de los conocimientos que desde la didáctica de las ciencias se han logrado investigar y reconocer. El conocimiento cotidiano a menudo se ha considerado como un factor que no tenía ningún tipo de trascendencia en el aula escolar; sin embargo con la investigación sobre concepciones alternativas y sobre ideas previas, desarrolladas especialmente desde campos de conocimiento como el de la psicología cognitiva, ha puesto de manifiesto que no considerar este tipo de conocimientos al momento de la enseñanza, podría constituir obstáculos para el aprendizaje. De hecho, si los estudiantes usan una lógica y un lenguaje propio del sentido común al intentar explicar problemas desde la lógica y el lenguaje del razonamiento científico, ello puede generar errores conceptuales. Lakatos (1978) se refiere a la problemática de la inconmensurabilidad de los conocimientos, entendida ésta como la comprensión relacionada con cada forma de conocimiento desde la cual se desarrolla una estructura teórica propia, organizada por un conjunto de teorías, conceptos y principios desde las cuales, se consolida un núcleo fuerte de razonamientos que se concretan metodológicamente en ciertas prácticas. El conocimiento de sentido común y el conocimiento científico son inconmensurables entre sí, de manera que según este autor, resulta ser improductivo pretender ver problemas de la ciencia desde el mundo de lo cotidiano y viceversa.

La presencia de errores conceptuales en el acto de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, se podría explicar por la “mezcla” de formas diferentes de conocimiento. Esta mezcla estaría debida a relaciones no coherentes existentes entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico; de hecho el conocimiento cotidiano tiene su propia lógica de razonamiento y sus propios esquemas para operacionalizar los problemas, casi siempre fundamentados en la evidencia primaria y en las respuestas de primer orden, en la poca discusión sobre alternativas de solución a un problema y en la escasa fundamentación

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

conceptual para preparar hipótesis; se trata de un modelo de conocimiento de corto plazo, que no exige una reflexión profunda. Por otro lado, el conocimiento científico, tal y como no lo ayuda a evidenciar la investigación sobre su propia historia, surge como contraposición y como alternativa para solucionar problemas cotidianos que aparentemente no tienen una resolución aceptable desde la perspectiva de la vida cotidiana; ello ha permitido progresivamente formalizar una lógica de razonamiento diferente y desarrollando un lenguaje propio y con significados específicos. Desde el punto de vista de algunos modelos contemporáneos en enseñanza de las ciencias, particularmente desde el denominado movimiento de las "concepciones alternativas", se ha concedido una especial importancia a los conocimientos previos. Si a la luz de los paradigmas internalistas contemporáneos sobre el aprendizaje, éste se considera como el resultado de la actividad cognitiva de las personas, quienes concientemente y en un proceso de socialización para compartir significados, comprenden para cambiar sus formas de pensar, de sentir y de actuar (De Zubiría, 2006). Dicho cambio implica unas posturas finales respecto a una posturas iniciales. En el aprendizaje de las ciencias, el cambio sería desde el conocimiento cotidiano hasta el conocimiento científico al explicar diversos problemas sobre el mundo. La didáctica contemporánea se refiere en extenso a que en cualquier actividad de enseñanza de las ciencias, como punto de partida se deben identificar las ideas previas de los estudiantes, bien para transformarlas sin que perturben esta transformación, bien para complementarlas en caso que se trate de ideas previas coherentes con conocimientos científicos compatibles con los nuevos conocimientos científicos que se enseñan.

Comentario adicional 13 debido a la dinámica del Programa. Las diferenciaciones necesarias hechas entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, han sido de interés para abordar a esta altura del programa, las características propias de lo que sería el conocimiento de sentido común sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, la interpretación de su naturaleza respecto a la naturaleza del conocimiento científico, y la importancia que tiene para la enseñanza de las ciencias el reconocimiento de sus características de cara a una enseñanza de las ciencias innovadora; en tal sentido se considera pertinente que los profesores tengan ocasión de profundizar, sugiriendo ejemplos apoyados en el conocimiento de la química, de las diferentes concepciones que sobre el aprendizaje contrastan el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico. Para ello, se les propone abordar como referencia el trabajo desarrollado por Pozo y Gómez Crespo (2000). A continuación se presenta una síntesis de los planteamientos que lograron desarrollar los Profesores luego de interesantes reflexiones y razonamientos seguidos para la comprensión de las perspectivas actuales del aprendizaje de las ciencias.

Una primera hipótesis es la que tiene que ver con la hipótesis de la compatibilidad o de la acumulación de saberes. Ésta se centra fundamentalmente en el trabajo que desde la psicología genética propondría Piaget (1969) y su grupo de colaboradores. Esta hipótesis

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

supone que entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano, hay una relación porque son alternativas metodológicas de una misma forma de conocimiento, así pues, una y otra son un continuo indiferenciado y cualquiera de esas dos formas de conocimiento se activan según requisitos cognitivos que se precisan mediante “estilos de razonamiento”. En consecuencia, esta hipótesis da forma a modelos de enseñanza que favorezcan aprendizajes de las ciencias entendidos como la evolución en los estilos de razonamiento de los estudiantes, hasta alcanzar lo que han desarrollado los científicos para que les sea posible abordar el estudio y la comprensión de las teorías científicas. Extrapolada esta hipótesis a un programa de formación de profesores, nos permitiría suponer que las ideas espontáneas sobre la docencia se asumen como formas de razonamiento previas que podrían desarrollarse hasta formas de razonamiento más complejas, de tal manera que permitieran la evolución de las ideas de sentido común sobre la docencia hasta alcanzar las ideas actuales sobre la docencia.

Una segunda hipótesis desarrollada por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), corresponde a la tesis de incompatibilidad o del cambio fuerte. Ella supone que entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano no se encuentra relación alguna, ni desde el punto de vista conceptual ni en la naturaleza del desarrollo de éstas formas de conocimiento; así pues ambas esferas de conocimiento se consideran inconmensurables entre sí y por tanto el desarrollo del conocimiento científico requiere de modelos de enseñanza que favorezcan aprendizajes de la ciencia entendidos como cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales fuertes, es decir, mediante la sustitución radical de las concepciones cotidianas previas de los alumnos por concepciones aceptadas por las comunidades científicas. En la perspectiva de un programa de formación de profesores, se supondría que apoyados en una hipótesis de esta naturaleza, un programa de formación estaría centrado, en la discusión explícita del conocimiento cotidiano sobre la enseñanza y en la sustitución radical de estas concepciones por otras concepciones más explicativas, en este caso, coherentes con las desarrolladas por las comunidades especializadas en didáctica de las ciencias.

Una tercer hipótesis es la de la independencia o del uso del conocimiento según el contexto (Taber, 2000; Mortimer, 1995) Esta hipótesis supone que entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano hay diferencias, pero ambas formas de conocimiento como muchas otras, hacen parte de la estructura cognitiva de los sujetos. Su desarrollo requiere de modelos de enseñanza que favorezcan aprendizajes entendidos como diferenciaciones conceptuales, metodológicas y actitudinales, es decir, cambios como reestructuración débil, ello implica que aprender ciencias no subvalora ni olvida el conocimiento cotidiano ni otras formas de conocimiento. En términos del aprendizaje sobre la enseñanza en un programa de formación de profesores de ciencias, ha de considerarse que el conocimiento espontáneo y el conocimiento erudito sobre la docencia tienen contextos y metas distintas, de manera que no se trata de sustituir uno por otro sino más bien, de hacerlos coexistir y de aprender a activarlos de forma situada (es decir, aprender a discriminarlos en función del contexto). Ello sucede

entre el imaginario social sobre la enseñanza que se activa por fuera de la escuela, y la enseñanza formal que se desarrolla al interior de la institución escolar.

Finalmente, una cuarta hipótesis de aprendizaje trata de la integración jerárquica de los diferentes niveles de representación y conocimiento. Esta propuesta se fundamenta en los trabajos propuestos por Pozo (1989). En esta hipótesis se supone que entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano hay diferencias, pero pueden conectarse entre sí mediante estrategias metacognitivas al convertir en objeto de reflexión las diferencias entre estas dos formas de conocimiento. Ambas formas de conocimiento son independientes en su uso contextual pero se integran conceptualmente de forma que quien aprende puede comprender la relación genética entre las dos formas de conocimiento. Se pueden entonces diferenciar las teorías cotidianas de las teorías científicas y al mismo tiempo se pueden integrar. Comprender el aprendizaje de las ciencias requeriría de modelos de enseñanza que favorezcan aprendizajes entendidos como cambios representacionales jerárquicos, es decir, como cambios que favorecen en los estudiantes conciencia por interpretar un problema desde diferentes niveles de complejidad, aunque finalmente se espera que se prefiera la perspectiva científica al ser ésta más coherente y más explicativa; extrapolado ello a un programa de formación de profesores, esperaríamos suponer que se trata de identificar las características fundamentales de las concepciones y las prácticas habituales de la enseñanza y las concepciones y prácticas innovadoras de la enseñanza, para favorecer diferencias en cuanto a sus niveles de complejidad, en cuanto a las formas de razonar sobre la didáctica, para encontrar la tesis orientada por la didáctica de las ciencias que resulta ser jerárquicamente superior en la medida que es más coherente y más explicativa. Al final los profesores habrán de comprender la importancia de abandonar las ideas propias del sentido común sobre la docencia.

A.26. A partir de las consideraciones elaboradas por los profesores en relación al papel que desempeña el conocimiento cotidiano en el aprendizaje, tanto de conocimientos científicos como de la didáctica de las ciencias, y teniendo en cuenta las diferentes perspectivas de cambio que se generan al momento de evidenciar los aprendizajes, conviene, a manera de síntesis, recordar el inventario de ideas espontáneas acerca de la docencia.

Comentarios A.26. En general los resultados obtenidos por el grupo indican los siguientes elementos que han sido debatidos en profundidad:

- *Consideración de una imagen de ciencia y de actividad científica centrada fundamentalmente en tesis ingenuas -como la han denominado los profesores-, lo que ha permitido cuestionar en el ámbito de la enseñanza de las ciencias la manera como*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

habitualmente se introducen los conceptos, cómo se abordan los problemas y cómo se orientan los trabajos prácticos. En esta parte podríamos decir que los profesores han hecho un proceso constructivo muy cuidadoso en la medida que han abordado con rigurosidad los problemas propios sobre el conocimiento de la materia a enseñar el cual ha incluido elementos fundamentales desde la filosofía de las ciencias (en particular desde su epistemología) y desde la historia de las ciencias. Se trata como lo explica Pedro con mucha propiedad, de superar la imagen empirista que siempre –al menos sin saberlo- los había acompañado a lo largo de su carrera docente. Consideran ahora la ciencia no como una suma de conocimientos acabados, casi que aceptados como verdaderos y que son producto de una descripción detallada y juiciosa producto de las observaciones atentas que el hombre hace sobre el mundo.

Los problemas no son ejercicios de aplicación de las teorías, pues si la teoría es el resultado de los conocimientos contenidos en el mundo, entonces proponer problemas tan solo buscaría nuevas formas de aplicación de la teoría, la cual es inmodificable e incorruptible. Por el contrario, los problemas en la ciencia han de suponerse como situaciones sin soluciones evidentes que se tratan usando cuerpos de conocimiento y desde ellos, desarrollando estrategias críticas y rigurosas para su análisis. En tal sentido, el trabajo de laboratorio habitual se cuestiona porque o bien correspondería a una postura excesivamente inductivista a la manera de corroborar lo predicho por una teoría, o sería el resultado de la intuición pura de manera que los conocimientos neutrales originados en la mente pueden ayudar a descubrir todo lo que sea realmente cognoscible.

En este punto, el equipo de profesores decide presentar algunas ideas fuerza para enfatizar en algunas implicaciones que ha tenido una imagen convencional de la naturaleza del conocimiento científico en el pensamiento docente cotidiano: una imagen realista de la naturaleza supone que los problemas los “dicta” la naturaleza, de allí se extraen hipótesis y diseños experimentales con los que se alcanzan conclusiones que explican los datos y hechos observados; estas conclusiones serían desde esa perspectiva, las teorías. Según este tipo de orientación sobre la naturaleza de la ciencia, la fundamentación teórica para efectos de la investigación “sobre un problema” prácticamente carece de todo sentido. Tanto el realismo ingenuo como el realismo interpretativo sugieren que el problema fundamental en la ciencia es elaborar una serie de hipótesis descriptivas a partir de las observaciones sobre el mundo (hechos), sin la contrastación de trabajos recientes que desde otras perspectivas se hayan postulado; de los diseños experimentales se obtienen datos científicos que transforman los hechos en conocimientos.

Sobre este aspecto, el equipo de profesores presenta tres conclusiones a manera de críticas fundamentadas respecto a lo que denominan “su actividad cotidiana como profesores de ciencia”: a) debe superarse la separación curricular manifiesta existente entre observaciones y teorías. No puede continuar la separación entre el trabajo teórico en el aula de clase y el trabajo práctico en el laboratorio (muchas veces son cursos separados que los dan profesores diferentes); b) las guías de laboratorio deben replantearse ya que el trabajo de laboratorio no puede continuar viéndose como el tiempo donde los estudiantes comprueban los temas vistos en el aula de clase de teoría y de ejercicios; en otras palabras, debe superarse la lógica centrada en la comprobación y justificación de teorías desestimando la lógica del trabajo experimental como parte integrante de la creación de teorías; c) la ciencia no se desarrolla con un método único, por el contrario, dependiendo del problema de investigación, de los cuerpos conceptuales desde los cuales se fundamentan los problemas y de los desarrollos tecnológicos con que se cuente, podrán definirse diversos métodos en forma de estrategias de resolución de los problemas.

Respecto a este punto, el coordinador y el equipo de profesores se preguntan, en consecuencia con los aprendizajes elaborados por el equipo, hasta qué punto convendría entonces que la enseñanza de las ciencias estuviera orientada por situaciones problemáticas más que por temas pre-establecidos. Si al igual que en la ciencia, los problemas de investigación en sus primeros momentos se tratan como situaciones abiertas de naturaleza cualitativa, desde las cuales se pueden acotar problemas que requieren necesariamente de la construcción y la fundamentación de modelos teóricos y el desarrollo de hipótesis contrastables, ¿por qué no podrían plantearse actividades equivalentes en los procesos de enseñanza de las ciencias? El equipo recuerda que en una investigación científica, los modelos teóricos se “revisan internamente” y se “ajustan” de cara a plantear hipótesis que orienten el desarrollo del problema y definan las estrategias de contrastación de las hipótesis mediante diseños experimentales; así el experimento y la práctica se encuentran permanentemente relacionados.

- *La enseñanza de las ciencias, habitualmente se reduce al tratamiento acrítico de contenidos y destrezas científicas. El centro de atención de los profesores de ciencias es que los estudiantes aprendan conceptos que se suponen necesarios no solo para que aprueben sus cursos sino para que con ellos puedan comprender otros conceptos que vendrán en otros cursos -visión estrictamente propedéutica del currículo en ciencias-Dado que no se consideran explícitamente aspectos históricos y sociales del conocimiento científico, se supone desde el pensamiento docente espontáneo que la enseñanza de las ciencias se centra en transmitir conocimientos neutrales y en entrenar para el dominio de destrezas.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *Se cuestiona la excesiva extensión de los currículos. Consideran que sería interesante promover reformas curriculares orientadas hacia el tratamiento en profundidad de grandes concepciones científicas, lo que supondría un currículo cíclico y no lineal. En un currículo cíclico sería posible abordar una misma temática con diferentes niveles de complejidad, lo que garantizaría ventajas comparativas respecto a un currículo lineal: por una parte, los contenidos se mantendrían más recientes en la memoria de los estudiantes lo que haría que no los olvidaran tan fácilmente, por otra, los estudiantes verían que la ciencia no es el resultado de muchos estudios dispersos sobre diferentes aspectos del mundo (el estudio de todo un poco), sino que tiene unas “columnas vertebradoras”, grandes conceptos estructurantes desde los cuales se profundiza y se estructuran “ramas diferentes de la ciencia”. Esta perspectiva curricular podría tener efectos importantes para dar cuenta, a juicio de los profesores, de la formación de competencias profesionales en los futuros estudiantes, más habilitados para resolver problemas a partir de grandes concepciones de la ciencia y no para ser, “bibliotecas ambulantes” que conocen muchas definiciones científicas y que resuelven variedad de ejercicios de lápiz y papel.*

- *El fracaso de los estudiantes podría también deberse a las metodologías empleadas en la enseñanza de las ciencias. El equipo de profesores se pregunta: ¿hasta qué punto incide no identificar las concepciones previas de los estudiantes y no hacer todos los esfuerzos posibles por cambiarlas o por conectarla con otras concepciones? El coordinador del equipo recuerda a los profesores, de manera muy general algunos resultados obtenidos en la investigación en didáctica de las ciencias que dan cuenta de la poca o escasa corresponsabilidad que consideramos los profesores de ciencias en relación con los resultados en el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes; es decir, casi siempre los resultados a la pregunta del por qué los estudiantes no comprenden adecuadamente o comprenden escasamente los contenidos científicos que se les enseña, se asume como problemas relacionados con los estudiantes y nunca en otros posibles problemas que podrían estar asociados a la complejidad misma de los conocimientos científicos, al poco desarrollo de motivaciones internas hacia la ciencia, a evaluaciones más sancionatorias que estimulantes, a currículos excesivamente lineales y acumulativos, y a las estrategias metodológicas que usamos los profesores al momento de la enseñanza. Los profesores reconocen ahora la importancia de examinar la posible influencia que tiene la enseñanza en el aprendizaje de los estudiantes, sin que ello oculte las posibles causas que pueden originarse en dificultades intrínsecas por parte los estudiantes.*

- *Ligado con lo anterior, los profesores cuestionan la desatención que ha habido respecto al papel de las actitudes en los estudiantes. Las actitudes son fuente de*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

dinamización de los procesos de construcción de los conocimientos científicos; inciden en la forma como las personas nos predisponemos respecto al mundo, y dado que la ciencia tiene como objeto de estudio todo cuanto nos rodea, sin predisposiciones por querer comprender cómo funciona el mundo para predecirlo y controlarlo, sería muy difícil generar actitudes positivas por la ciencia y por su aprendizaje.

- *Un problema derivado de las concepciones docentes cotidianas, es la desatención al desarrollo de actitudes de los estudiantes desde la dinámica misma de las clases de ciencias, es decir, no se considera la motivación intrínseca en los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias (apreciarla como una empresa racional, interesante por los retos que nos plantea y por la actividad conciente requerida para aprender elaborando conocimientos y solucionando problemas). Por el contrario se suponen las actitudes como factores extrínsecos a los estudiantes, el sistema de premios y castigos muchas veces lo que hace es fomentar el desinterés y desagrado por las ciencias en los estudiantes y favorece que entre ellos se propicie la competencia (quienes responden más rápido, quiénes memorizan más información, etc.).*
- *Debe superarse el imaginario innatista o ambientalista de la enseñanza. No basta para ser buen profesor replicar las enseñanzas de quienes a su juicio, fueron sus mejores profesores. Es necesario aprender conocimientos relacionados con la enseñanza de las ciencias, dado que ésta es una actividad práctica fundamentada y no por el contrario atórica. Debe superarse el imaginario de una enseñanza a la usanza de lo que “siempre se ha hecho”. En este punto los profesores cuestionan el imaginario del “buen profesor universitario”: no puede este indicador seguir remitiéndose a aquel profesor que no permite que sus estudiantes aprueben con facilidad, lo que ellos denominan el “profesor tamiz”. Si bien no se trata de pasar al extremo opuesto, donde todos los estudiantes aprueban sin ningún tipo de esfuerzo, el equipo supone que el aprendizaje de las ciencias no puede continuar siendo “una carrera de obstáculos” sino una fuente de desarrollo cultural de los estudiantes a partir de su “interés por controlar, predecir y dinamizar el mundo”.*

Comentario adicional 14 debido a la dinámica del Programa. A partir de las conclusiones generales obtenidas en esta actividad, el coordinador del equipo, apoyado en documentos resultantes de investigaciones en educación en ciencias, presenta al equipo algunas conclusiones en torno al problema de las concepciones y prácticas cotidianas de los profesores de ciencias, así como propicia que los profesores profundicen en ellas de cara a efectuar críticas, ahora con mayor nivel de argumentación, que conduzcan a nuevas necesidades en los profesores para el favorecimiento de cambios didácticos. A continuación, algunas de dichas conclusiones de la investigación en Didáctica de las Ciencias que se abordaron con el equipo:

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Algunas características de una docencia del sentido común, soportadas en una visión simplista de lo que es la ciencia y el trabajo científico, se presentan en diversas investigaciones (Furió, 2001; Ausubel et al 1976; Gil, 1983, 1993 y 1996; Hodson, 1985 y 1986), Tobin, 1986; Porlán, 1986, 1989 y 1993; Millar y Driver, 1987; Désautels et al. 1993; Guilbert y Meloche, 1993; Orozco, 1995; Fernández, 2000; Carnicer, 1998; Furió y Carnicer, 2001). En estos trabajos se hace mención a la reducción habitual del aprendizaje de las ciencias a conocimientos conceptuales en algunos casos complementados con algunas destrezas olvidando aspectos históricos y sociales del conocimiento científico. Un elemento característico de una docencia del sentido común es la idea de un currículo enciclopédico donde prima más la extensión que la profundidad de los contenidos (Piaget, 1969).

El carácter natural del fracaso generalizado de los alumnos en las clases de ciencias. La investigación en esta materia cuestiona el “determinismo biológico” (alumnos “listos” y “torpes”), y el “determinismo sociológico” (las personas de medios socioculturales desfavorecidos no tienen las mismas condiciones para aprender que las de medios favorecidos) (Furió, 1995). De otra parte, ha podido caracterizarse que los profesores manifiestan actitudes diferentes hacia los alumnos que hacia las alumnas debido a que poseen diferentes niveles de “capacidad” para aprender ciencias (Spears, 1984; Khale y Meece, 1994; Jiménez, 1996).

El papel de las actitudes negativas hacia la ciencia y el aprendizaje de las ciencias, ignorando e papel que desempeñan en el tipo de enseñanza, el clima de aula, las expectativas de los profesores, etc. (Rivas, 1986; Simpson y Oliver, 1990).

El autoritarismo en el aula de clase y su polo opuesto, el simple laissez – faire (Ausubel, 1968; Fraser, 1994).

La idea que enseñar es fácil, cuestión de personalidad y de sentido común. No se considera la actividad docente como un trabajo en equipo y fundamentado en cuerpos teóricos de conocimiento (Alíberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Moreira y Novak, 1988; Tiberghien, 1985; Duschl, 1990; Hodson, 1992; Gil, 1996; Furió, 1994; Gil, Carrascosa y Martínez – Terrades, 2000).

LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO: ESTRATEGIAS DEL TRABAJO CIENTÍFICO COMO PRÁCTICA INNOVADORA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

A. 27. A partir de información relevante acerca del papel de los trabajos prácticos de laboratorio, hacer una indagación histórica sobre el desarrollo de su enseñanza en el contexto de la educación en ciencias.

Comentarios A. 27. Conviene en primera instancia, adentrarnos en una breve revisión histórica del desarrollo del trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de las ciencias. Se describen a continuación las principales tesis alcanzadas.

Hacia las décadas de los años 20 y 30 del Siglo XX, había un fuerte dominio de los modelos transmisivos para la enseñanza de las ciencias. Dichos modelos dejaban de lado todo lo relacionado con el trabajo experimental, bajo el supuesto que la poca dotación de los laboratorios en las instituciones escolares, así como el marcado desinterés por el aprendizaje de las ciencias apoyado con prácticas experimentales, no hacía necesaria la consideración de los trabajos prácticos en los currículos. Hodson (1985) cuestiona los modelos de enseñanza de la ciencia con ausencia casi completa de las prácticas de laboratorio debido a la misma naturaleza del conocimiento científico: se trata de una forma de conocimiento cuya contrastación experimental y operacionalización de estructuras teóricas se basan preferentemente en los trabajos relacionados con prácticas de laboratorio. Desde la década de los 90, empezaría a surgir modelos alternativos en la enseñanza de las ciencias como el del “descubrimiento inductivo y autónomo”, que procuró dar especial énfasis al trabajo experimental en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Sus resultados, descritos por Ausubel (1978), ilustran cómo los aprendizajes mostraban carencias en cuanto a contenidos conceptuales y al mismo tiempo, en la poca familiarización con la metodología propia de la actividad científica. Ausubel y otros investigadores, desde finales de la década de los 70 del siglo XX, ilustrarían como con estos modelos los estudiantes poco aprendían de contenidos y también muy poco de metodología científica.

Este módulo se inicia poniendo énfasis en la preocupación creciente por parte del profesorado de ciencias, por considerar el aprendizaje de contenidos científicos con la apropiación de metodologías científicas; la historia de la educación científica nos muestra diferentes ejemplos adonde la relación entre contenidos y métodos en general no ha sido coherente y sí más bien antagónica. Desde comienzos del siglo XX, se priorizó fundamentalmente en el aprendizaje de los procesos de la ciencia para favorecer la actividad de los niños y los jóvenes realizando múltiples experimentos. Estas actividades se desarrollan como intento por superar los resultados en el aprendizaje de las ciencias debidos a modelos de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos, y por ello se centran en el activismo que tenían que desarrollar los niños y los jóvenes con el supuesto que con la reproducción de un conjunto de experimentos cruciales se podría llegar a obtener resultados interesantes en el aprendizaje de las ciencias.

La influencia de las perspectivas positivistas acerca del conocimiento científico en los currículos de ciencias, como hemos visto, determinó en la enseñanza de las ciencias el uso generalizado del denominado “método científico”. La poca inclusión de prácticas de laboratorio en los currículos escolares de ciencias se consideró como una tarea pendiente en la educación en

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

ciencias: la idea generalizada de los profesores al considerar que la ineficacia de la enseñanza se debe a la excesiva transmisión de contenidos conceptuales y al poco desarrollo de trabajos experimentales, dio un énfasis importante a la búsqueda de un equilibrio entre estos dos tipos de actividades para el aprendizaje de las ciencias. Desde entonces empezaría a proponerse diversos enfoques de enseñanza de las ciencias que favorecieran aprendizajes adecuados de contenidos junto con aproximaciones a la actividad científica. Sin embargo, como se ha señalado, esta familiaridad está muy centrada en los principios del método científico, bajo el supuesto que los niños y los jóvenes deben aprender ciencia haciendo y rehaciendo ciencia. Autores como Ausubel (1978) y Hodson (1985) se interesaron por demostrar que los imaginarios de "hacer ciencia para aprender ciencia", se encuentran muy alejados de posturas contemporáneas derivadas de la filosofía de la ciencia para comprender la actividad científica. Por el contrario, la postura epistemológica que subyace al modelo de enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo, parte del supuesto que el conocimiento científico puede desarrollarse a partir de unos cuantos experimentos innovadores e interesantes, de cuyos resultados se puede llegar a grandes conclusiones que se asumen como universales y verdaderas en tanto el experimento pueda reproducirse con facilidad.

El equipo de profesores reflexiona, a partir de los trabajos realizados jornadas atrás en este programa, en relación con los nuevos conocimientos sobre la historia y la filosofía de la ciencia y sus impactos en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias. Desde las nuevas perspectivas, discuten sobre las distorsiones que sobre la ciencia y la actividad científica generan este tipo de concepciones sobre la ciencia en el aprendizaje de la ciencia. En tal sentido el equipo conviene en tratar con mayor profundidad la naturaleza de las prácticas de laboratorio, con el propósito de replantear algunos imaginarios y algunas acciones en esta actividad de la enseñanza de las ciencias. Se comprende que una de las razones más sólidas que favoreció la inserción del trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de las ciencias, fue la de procurar sustituir el discurso habitual del profesor en las aulas de clase. Se empezó a pensar que los estudiantes podrían inducir fácilmente el aprendizaje de conceptos y teorías científicas, no sólo a través del discurso del profesor y el seguimiento riguroso de los libros de texto, sino complementando con resultados alcanzado en las prácticas de laboratorio.

Esta idea, que hoy podríamos ubicar como indicador del pensamiento docente espontáneo, generaría un movimiento de reflexión muy interesante precisamente debido a los pobres resultados obtenidos con los estudiantes. Este movimiento de aprendizaje fue auspiciado por la Conferencia Nacional Americana llevada a cabo en 1959 y por el informe de Brunner (Furió, 2001; Cronbach, 1961). Se procuró terminar con la imagen de las ciencias como un edificio acabado. Estos informes rechazan la educación científica como un simple aprendizaje de estructuras conceptuales y procura poner a los estudiantes en situación de aprender ciencias pensando como científicos. Los contenidos conceptuales perderían interés en la enseñanza de

las ciencias y por el contrario, se favorece un aprendizaje de las ciencias basado en la adquisición de destrezas procedimentales realizando experimentos científicos.

En el principio de este informe la conclusión es contundente, la enseñanza de las ciencias ha de basarse en el aprendizaje del método científico, pues ello generará cambios importantes en los procesos de la enseñanza de las ciencias, donde los procedimientos eclipsan el aprendizaje de conceptos, leyes y principios científicos. Se favorecería el desarrollo de estrategias de enseñanza donde el papel principal de profesor es el de proporcionar guías, medios y ayudas necesarias para que los estudiantes puedan realizar exitosamente trabajos prácticos de laboratorio. Estas estrategias fundamentan sus argumentos en el papel que tiene la experiencia directa para el desarrollo de actitudes positivas en los estudiantes, a partir del descubrir autónomo del entorno que los rodea. Surgieron entonces diferentes propuestas de actividades de enseñanza, muy conocidas en la química, la física y la biología (PSSC, IPS, BSCS, CBA, CHEM, NUFFIELD, etc.) Como resultado de esta explosión de propuestas curriculares, como ilustra Furió (2001), se implementa una importante cantidad de cursillos de perfeccionamiento dirigidos a la formación continuada del profesor, los cuales se basan en la familiarización del profesor con los trabajos prácticos, es decir, proponen un entrenamiento del profesorado para que aprendiendo a desarrollar ciertas prácticas de laboratorio pueda reproducir con facilidad aprendizajes en sus estudiantes en las aulas de laboratorio. Sin embargo, se precisa con el equipo de profesores, que tal y como se verá más adelante, haciendo una retrospectiva histórica se demostrará que ha sido un error identificar la enseñanza del aprendizaje de las ciencias por descubrimiento autónomo con la sola enseñanza de trabajos prácticos.

A.28. Para empezar a promover cambios en relación con los impactos de visiones deformadas de la actividad científica en la familiarización de los estudiantes con la metodología científica, podemos ahora preguntarnos ¿Cuáles deberían ser las principales orientaciones en la enseñanza de las ciencias, que apoyadas en posturas más acordes con los resultados de la investigación en filosofía de la ciencia, pueden favorecer un aprendizaje no solamente significativo de conceptos científicos sino al mismo tiempo, un aprendizaje significativo de contenidos metodológicos propios del conocimiento científico?

Comentarios A.28. La discusión empieza a desarrollarse bajo la idea de si una investigación científica puede originarse de algo que no constituya un problema de investigación. Luego de una crítica argumentada al método científico, los profesores presentan ideas que ratifican que fundamentalmente el punto de partida de una investigación científica siempre es una situación problémica abierta, confusa a menudo, que puede estar orientada o apoyada en investigaciones precedentes o en problemas de interés que puedan surgir; estas situaciones problemáticas necesariamente deben ser fundamentadas desde cuerpos conceptuales, en la

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

procura de su resolución. Esto tiene, a juicio de los profesores, una incidencia importante en la enseñanza de las ciencias: en el proceso de enseñanza aprendizaje se de la ocasión propicia para que en la medida en que se va abordando la resolución de un problema, los estudiantes puedan ir haciendo diferencias entre la manera como el problema se considera desde el pensamiento cotidiano y como se trata desde perspectivas científicas.

Aparece una idea innovadora que habrá de marcar el cauce en el desarrollo de este programa de formación de profesores: Si se prevé la enseñanza de las ciencias como un problema de investigación, entonces se hace necesario que el problema de investigación sea el eje orientador de los currículos y de las estrategias y secuencias de aprendizaje seguidas en el aula de clase. La resolución de un problema en el aula de clase debe servir para desarrollar contenidos que hacen parte del currículo de un curso de ciencias (los cuales son conceptuales y procedimentales). La enseñanza de las ciencias, en consecuencia, deja de estar dirigida al aprendizaje exclusivo de contenidos conceptuales para pasar a considerar el aprendizaje de estrategias para resolución práctica de los problemas. Se abandona así, según los profesores, la dicotomía entre trabajo de aula de clase y trabajo de laboratorio; ambas actividades son necesarias para un adecuado aprendizaje de la ciencia, especialmente en el principio que la enseñanza parta no de la explicación de temas sino del tratamiento de situaciones problémicas.

Como lo sugiere Pedro, podría entonces pensarse que ciertos problemas tratados en la enseñanza, pueden servir como “buenos pretextos” para poder presentar y abordar significativamente los contenidos científicos que realmente sean de interés para los estudiantes. Adolfo se pregunta si existiría la posibilidad de originar un problema que pueda ser eje vertebrador para todo un curso o si es necesario, desarrollar diversos problemas dependiendo de las temáticas que se abordan en estos cursos; la discusión se hace muy fructífera y conduce a concluir que el problema no depende de si se tratan uno o varios problemas, lo interesante sería que fueran problemas relevantes, problemas de contexto y que independientemente de cuántos sean, lo importante es que sean llamativos a los estudiantes. El profesor, con su experiencia como profesor de ciencias y como conocedor del conocimiento científico, deberá saber proponer estos problemas interesantes que han de servir como ejes orientadores, “ejes nucleares” como los denomina Inés, de cara a poderse desarrollar mejores alternativas de apropiación de los contenidos científicos.

Pensar en aprender a sugerir y ayudar a los estudiantes a resolver problemas, nos remite a considerar el papel que deben jugar las hipótesis en la enseñanza de las ciencias. Deben constituirse en guías de aprendizaje al punto que la enseñanza desde este enfoque no se secuencia por temas sino por hipótesis de trabajo. Los profesores se refieren en este punto a las diferencias paradójicas anteriormente no pensadas, entre la actitud del profesor en el aula de clase y en su papel de directores de investigación (lo que comúnmente ocurre cuando

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

desarrolla Proyectos de Investigación en su área y cuando dirige trabajos de grado de los estudiantes). Mientras que habitualmente el aula de clase es el espacio para desarrollar una determinada secuencia de contenidos mediante la transmisión de estos a los estudiantes, los espacios para la investigación procuran la resolución de problemas poniendo en acción cuerpos teóricos, hipótesis fundamentadas, diseños experimentales, análisis de resultados, comunicación de resultados, etc. El equipo de profesores concluye que si la ciencia se desarrolla a partir de resultados de investigaciones para solucionar problemas, ¿por qué la enseñanza de las ciencias no puede seguir este mismo camino?

En este sentido, un análisis crítico del papel de los trabajos prácticos de laboratorio en el contexto de la enseñanza de las ciencias por investigación orientada, implica el desarrollo de estrategias diversas de contrastación lo cual incluye el diseño de diferentes experimentos como alternativa para operacionalizar contenidos teóricos; se hace visible la consideración de contenidos metodológicos. la operacionalización de estructuras teóricas, la emisión de las hipótesis, el diseño de experimentos con la debida asesoría del profesor, la obtención de resultados, la interpretación de los datos obtenidos, la toma de conclusiones, hacen parte justamente de este conjunto de contenidos que los profesores consideraban implícitos y no necesariamente parte fundamental y esencial en un proceso adecuado de aprendizaje de la ciencia. Todo resultado científico es corroborado a partir de su socialización, donde la propia comunidad especializada hace valoraciones, recomendaciones y reconoce la validez de los mismos en la medida que corresponden no solo a metodologías aceptadas sino porque se alcancen resultados lógicos, que digamos, sean de interés científico.

Comentario adicional 15 debido a la dinámica del Programa. Las concepciones actuales sobre la naturaleza de la ciencia, han puesto un especial acento en que el conocimiento científico es una construcción histórica y social, es una forma socialmente construida de conocer, la cual es tarea de unas sub-culturas académicas especializadas como lo son las comunidades científicas (las cuales, al igual que los conocimientos que elaboran, se han consolidado a lo largo de la historia de la humanidad). Por ser la ciencia un proceso histórico y social, no es concebible imaginar procesos educativos donde interviene el conocimiento científico sin que sea tenida en cuenta su dimensión procedimental. En una sociedad, donde los conocimientos cambian con una velocidad impresionante, es necesario que los ciudadanos aprendan flexible y eficazmente, que puedan articular los conocimientos que elaboran entre el saber qué y el saber cómo, y para ello deben adoptar y poner en escena unos procedimientos que les permitan efectivamente resolver problemas y aplicar los nuevos conocimientos aprendidos en diversidad de situaciones. Para ello, es preciso aprender no solo contenidos conceptuales, sino también aprender a predisponerse ante el mundo y ante la sociedad y aprender a desarrollar capacidades científicas, lo cual implica el aprendizaje de contenidos actitudinales y de contenidos procedimentales. El aprendizaje de los contenidos procedimentales, no puede entonces reducirse a la simple ejercitación de habilidades generales, pues éstas dependen

directamente de la clase de conocimiento que les da forma y desde el cual se ponen en escena.

Anderson (1983), citado por Pozo y Gómez Crespo (2000), presenta las diferencias existentes entre el conocimiento declarativo (contenidos conceptuales) y el conocimiento procedimental (contenidos procedimentales). Es común pensar que las dificultades asociadas con el saber hacer se deben a la incapacidad de aplicar lo que se sabe decir, de manera que se supone que lo teórico siempre debe anticiparse a lo práctico. Sin embargo, la investigación contemporánea en psicología cognitiva muestra que se trata del aprendizaje de dos tipos de conocimientos, los cuales se aprenden por procesos distintos y hasta en cierta forma independiente.

Lo anterior se basa en el principio que las personas disponemos de dos formas diferentes, y no siempre relacionadas, de conocer el mundo. Por un lado, sabemos decir cosas sobre la realidad física y social; por otro lado sabemos hacer cosas que afectan la realidad física y social. Ambas categorías de conocimientos, en muchos casos pueden coincidir, pero también hay otros muchos donde esto no es así. La investigación en Didáctica de las Ciencias, ha mostrado por ejemplo, que los alumnos no saben convertir sus conocimientos científicos escolares (descriptivos y conceptuales) en acciones o predicciones eficaces. Así mismo, a veces realizamos ciertas acciones que nos cuesta mucho describir o conceptualizar.

Los conocimientos procedimentales, abarcan asuntos técnicos como medir la temperatura de una sustancia, elaborar una hipótesis para explicar la caída de los cuerpos o contrastar teorías sobre el origen del universo. Las diversas clases de procedimientos, ameritan efectuar una distinción, a lo largo de un continuo de generalidad y complejidad, que va desde las técnicas y destrezas hasta las estrategias de aprendizaje y razonamiento. En tanto las técnicas son una rutina automatizada como consecuencia de la práctica repetida, las estrategias implican una planificación y una toma de decisiones sobre los pasos que se van a seguir. Las estrategias se componen de técnicas e implican un uso deliberado de las mismas en función de los objetivos de una tarea.

En síntesis, una inserción adecuada de los trabajos prácticos de laboratorio en una enseñanza de las ciencias por investigación, podría favorecer el aprendizaje tanto de contenidos conceptuales, sino también de contenidos metodológicos que van desde la misma formulación del problema, pasando por la orientación de hipótesis, el diseño de variables, el diseño de experimentos, la toma de resultados y análisis de resultados a la luz de las hipótesis. Inés sugiere que aquí podrían considerarse también los contenidos actitudinales, los cuales, si bien no se han tratado con profundidad en este programa, pueden ayudar a que los estudiantes tomen decisiones, asuman ideas, no le teman a equivocarse y valoren los resultados de las ciencias siempre con carácter provisional.

Pedro y Adolfo hacen mención a que hay otros contenidos actitudinales que pueden favorecerse en este tipo de modelos de enseñanza, no solo porque este tipo de trabajo podría favorecer un auténtico espíritu científico sino porque se pueden empezar a discutir aplicaciones técnicas. A partir de estas discusiones, pueden hacerse discusiones interesantes sobre, por ejemplo, valoraciones a ciertos resultados científicos y a las implicaciones técnicas o tecnológicas de estos resultados en la sociedad; otra forma de desarrollar actitudes en los estudiantes tiene que ver con valoraciones entre los alcances de diversas clases de conocimientos al tratar de resolver un problema. Finalmente, la conjunción explícita entre contenidos conceptuales, contenidos procedimentales y contenidos actitudinales, serviría para que los estudiantes comprendan que la actividad científica es una actividad humana, y por tanto las creencias y valoraciones de las personas que realizan investigaciones son realmente muy importantes y valiosas para comprender la dinámica misma del aprendizaje de las ciencias y también para comprender lo que históricamente ha sido el desarrollo del conocimiento científico, no hecho por personas aisladas de su contexto social sino por el contrario, personas que han manifestado siempre una vocación por la investigación y que al haberse apoyado en unos cuerpos conceptuales propios del conocimiento científico, les ha permitido que se les reconozca como integrantes de comunidades científicas especializadas. José recalca de nuevo la importancia de la historia de la ciencia, siendo un recurso didáctico muy importante porque podría ayudarnos a establecer paralelos entre las investigaciones con los estudiantes y algunas investigaciones pasadas abordando problemas más o menos similares.

En conclusión, el equipo destaca de la integración entre teoría y práctica las siguientes ideas:

- 1. No tiene ningún sentido seguir pensando en el desarrollo de prácticas de laboratorio como simplemente el seguimiento riguroso de lo que se denomina el método científico.*
- 2. No se puede hablar de observaciones universales, nuestras ideas sobre lo que observamos depende de nuestros conocimientos, ideas, creencias y experiencias anteriores.*
- 3. Debe superarse la idea que una práctica de laboratorio es un lugar donde se obtienen un conjunto de datos para luego sobre ellos hacer conclusiones neutrales. Los datos no tienen sentido si no se analizan a la luz de hipótesis fundamentadas.*
- 4. Las prácticas de laboratorio deben convertirse en una ocasión importante para favorecer el carácter social del conocimiento científico.*
- 5. Para operacionalizar el conocimiento científico se emplean instrumentos, que son la representación más concreta de las teorías y constituyen diseños e innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, para los físicos, el telescopio es el instrumento que concreta teorías sobre óptica; y los resultados que proporciona se interpretan a la luz de teorías científicas.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

6. *Los trabajos prácticos de laboratorio deben relacionarse con los contenidos abordados en clases de teoría, de forma que tanto aspectos teóricos como experimentales dependen de la misma dinámica y de los mismos intereses por resolver un problema.*
7. *El aprendizaje de las ciencias debe considerar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.*

Como balance en este apartado, se puede apreciar un cambio importante en algunas concepciones de los profesores. Razonan argumentadamente sobre las características de los contenidos conceptuales, de los contenidos metodológicos y de los contenidos actitudinales, y los integran convenientemente para un aprendizaje adecuado (completo) de conocimientos científicos. De otra parte, la comprensión de los profesores acerca de aspectos relevantes en un proceso de actividad científica, no entendidos como etapas de carácter teleológico y unidireccional como sugiere el método científico, centrado en reglas de naturaleza inductivista, y si más bien en un programa de investigación no lineal, donde la acotación de un problema planteado, la fundamentación teórica desde la cual se aborda el problema, la emisión de hipótesis, elaboración de estrategias de contrastación de hipótesis, diseño y realización de experimentos, obtención de datos, análisis de resultados, e interpretación de los mismos, resultan ser actividades coherentes con la epistemología contemporánea para explicar la ciencia y la actividad científica

Las prácticas de laboratorio constituyen en una herramienta importante en el contexto de modelos de enseñanza contemporáneos de la ciencia, pues ayudan a favorecer la dinámica científica (la ciencia como una actividad humana y como una empresa racional), el espíritu científico por parte de los estudiantes y la construcción de una concepción de ciencia cuyos impactos (positivos y negativos) en la sociedad y en la cultura deben ser susceptibles de analizarse críticamente. Pedro y Adolfo recuerdan que la enseñanza de las ciencias se ha centrado en una tradición excesivamente basada en libros de texto, donde al profesor le interesa fundamentalmente el desarrollo de contenidos conceptuales, por sobre las otras categorías de los contenidos de la ciencia. Los profesores asumen que es un reto para mejorar la enseñanza, superar visiones excesivamente empiristas y ateóricas, teniendo en cuenta que las prácticas de laboratorio no deben centrarse tan solo en la corroboración de temas de clase sino que han de ser etapas consustanciales de una actividad de investigación. Ello, según los profesores, debe generar la superación de una imagen de ciencia infalible, exacta, objetiva, donde tan solo con que el profesor entregue a los estudiantes una guía de laboratorio previamente determinada, y los estudiantes la sigan al pie de la letra, se piense que se logran resultados adecuados de aprendizaje. La imagen de la ciencia en los estudiantes, especialmente en futuros profesores de ciencias, debe transformarse de forma que no se la vea como una serie de pasos pre-establecidos; por el contrario, en muchas situaciones de la ciencia, hay idas y regresos, los científicos no alcanzan resultados inmediatos, los métodos que siguen son variados. Los estudiantes deben comprender, que los científicos no son personas

infalibles, y que por tanto, el beneficio de la duda, la sorpresa por el resultado inesperado, la frustración por logros no alcanzados y la alegría por la solución de problemas, son manifestaciones que a diario viven los hombres y las mujeres dedicadas a la ciencia.

De otra parte, las prácticas de laboratorio, luego de los análisis realizados por los profesores, no pueden seguir asumiéndose como actividades aisladas que no se conectan entre sí; debe superarse una visión de la ciencia exclusivamente analítica que la muestra como si cada teoría fuese un compartimento independiente de los otros, que no tienen ninguna relación. Consideraciones epistemológicas más acordes con los resultados de la investigación didáctica deben aproximar a profesores y a estudiantes a una concepción de ciencia como resultante de la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos que tienen una lógica definida y que fundamentalmente tienen como propósito desarrollar innovaciones que impacten directamente en el desarrollo de las sociedades y de la cultura. Según Inés, un imaginario arraigado de las personas es una visión excesivamente sumativa del conocimiento científico, se suponen estos conocimientos como un catálogo de varias temáticas y de varias prácticas de laboratorio, entre más avanzado es el estudiante en la carrera se supondrá que habrá estudiado más unidades temáticas y al mismo tiempo habrá desarrollado un número mayor de prácticas de laboratorio. Ello indica el grado de experticia de estudiante. Esta imagen ha sido fuertemente cuestionada por los profesores a partir de las consideraciones indicadas en los comentarios de esta actividad. De igual manera, el equipo asume, después de haber dedicado un tiempo importante al estudio de la historia de las ciencias y de su impacto en la enseñanza de las ciencias, que las prácticas de laboratorio, tal y como se desarrollan actualmente, fortalecen una visión individualista del conocimiento científico, basta con que los estudiantes tengan una guía de laboratorio para que solos o en pequeños grupos puedan desarrollar la práctica y obtener conclusiones muy similares en relación con otros grupos. Desde esta perspectiva, para nada contribuyen en el desarrollo de investigaciones como fuente de los aprendizajes de los estudiantes. Como están, entrenan a los estudiantes en el uso de técnicas experimentales, pero no favorecen el diseño de estrategias para resolver auténticos problemas de investigación.

A.29. Ahora que hemos tenido ocasión de reflexionar con suficiente profundidad acerca de un nuevo papel de las prácticas de laboratorio en el contexto de una enseñanza de las ciencias por investigación, y que anteriormente habíamos reflexionado sobre el papel de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, valdría la pena avanzar en la relación entre las nuevas concepciones de prácticas de laboratorio y la historia de la ciencia.

Comentarios A.29. Se procura en esta actividad favorecer que los profesores reflexionen sobre los desarrollos filogenéticos y los desarrollos ontogenéticos del conocimiento científico, y para

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

ello se propone la siguiente pregunta: ¿en el aprendizaje de las ciencias, debería ser el desarrollo de los conocimientos científicos de los estudiantes equivalente al desarrollo del conocimiento científico? Por otra parte, ¿deberían ser las prácticas de laboratorio una réplica de experimentos cruciales desarrollados a lo largo de la historia del conocimiento científico?

Podríamos advertir según Furió (2001), que la historia de la ciencia ha de constituir para el aprendizaje de las ciencias grandes argumentos para utilizarse como atajos conceptuales, que permitan al profesor no solamente favorecer y planificar adecuadamente la secuencia de contenidos a desarrollar en un curso, sino para que presentando aspectos relevantes emanados de los propios resultados de la investigación en historia de las ciencias, permitan ubicar a los estudiantes en un determinado contexto social, en una situación científica particular, y pueda utilizarse como ilustración de referencia para que los estudiantes comprendan los avances técnicos y tecnológicos de una época, los desarrollos conceptuales desde los cuales se orientaban las investigaciones y los tratamientos experimentales. Todo ello para favorecer la comprensión de la ciencia a partir de ejemplos significativos del desarrollo de una determinada concepción científica, bien sea a nivel conceptual o a nivel metodológico o actitudinal. Así las cosas, los profesores desarrollan la tesis que convendría que a lo largo de un curso de ciencias se presentara el desarrollo de experimentos que pudieron haber sido significativos en un momento dado, pero no tanto con el propósito de replicar resultados o de examinar si las conclusiones obtenidas podrían ser válidas desde el punto de vista del conocimiento científico actual, sino más bien para analizar la perspectiva conceptual desde las cuales se les dio origen y para reflexionar en torno a las implicaciones que ello tuvo tanto para el propio desarrollo de las ciencias como para la humanidad. De la misma manera, las actividades experimentales pueden favorecerse para ilustrar situaciones problemáticas que condujeron al establecimiento de nuevos conocimientos conceptuales de las ciencias. En consecuencia, los profesores defienden la idea que la enseñanza de las ciencias no debe quedarse en procurar encontrar la correspondencia entre los desarrollos filogenéticos del conocimiento y los desarrollos ontogenéticos de las personas, suponiendo que un currículo de ciencias ha de ser una secuenciación de contenidos con un orden histórico.

De acuerdo con estas consideraciones, las nuevas concepciones en torno a los aportes de la historia y de la filosofía de las ciencias, implican que en la enseñanza de las ciencias podrían considerarse relatos interesantes, historias de la investigación científica. El conocimiento por parte del profesor de la historia del conocimiento científico resulta ser no solo relevante para ubicar mejores contextos en el desarrollo de los conocimientos científicos, sino porque podría servirle de herramienta didáctica para trabajar con sus estudiantes aspectos de interés que proporcionen una visión más humana y más dinámica del conocimiento científico, menos neutral, alejada de consideraciones de la ciencia como colección atórica de datos.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

En consecuencia, se critica seriamente una enseñanza de las ciencias que utiliza la historia de la ciencia como simple mención de datos, personajes y fechas relevantes y no como fuente de comprensión de los procesos continuos y discontinuos que han acompañado el desarrollo del conocimiento científico. Se cuestiona entonces una enseñanza de las ciencias donde los profesores ilustran conocimientos a sus estudiantes a través de guías pre-establecidas, bajo el supuesto que si los estudiantes siguen rigurosamente estas guías van a llegar a los resultados que obtuvieron los científicos en su época. Por el contrario, los profesores consideran que lo importante no es tratar el conocimiento científico como un recetario, en el cual, a manera de un vademécum, los estudiantes utilizan una guía previamente establecida para aprender el temario del momento. Es más relevante que los estudiantes, en el marco de un problema que suscita su estudio, contextualicen las condiciones tanto internas como externas del conocimiento científico y desde esta perspectiva, puedan comprender concientemente los problemas que han dado origen a nuevos desarrollos científicos, comprender las soluciones que se dieron en comparación con las seguidas por ellos mismos con la orientación del profesor, valorar los resultados (tanto de los científicos como los propios) siempre con una actitud positiva y crítica, considerando el contexto y las condiciones bajo las cuales se desarrolló la investigación, considerando los aportes que otros científicos hicieron para alcanzar la solución de un problema, y apreciando las teorías pasadas y en la actualidad en desuso, no como errores sino como pasos necesarios en el proceso de construcción de la ciencia.

En consecuencia, el equipo de profesores destaca que organizando una concepción de la enseñanza de las ciencias basada en el desarrollo de prácticas de laboratorio entendidas como parte de un proceso de resolución de problemas de interés, se propicia un aprendizaje de las ciencias que da cuenta no solamente de contenidos conceptuales sino que también considera los contenidos de orden metodológico y actitudinal. El equipo examina algunos trabajos en torno a la fundamentación de la enseñanza de las ciencias basada en problemas. En particular se abordan autores como Hudgins (1966), Hayes (1981), Gil y Martínez – Torregrosa (1983), Bodner y Mc Millen (1986), los cuales coinciden al afirmar que un problema resulta ser un consenso en torno a situaciones que presentan dificultades para un grupo de personas y para los cuales no hay soluciones evidentes. Gilbert (1992) señalaba: "nosotros somos un modelo que los estudiantes imitan cuando se encuentran con problemas similares a aquellos que han sido resueltos en clase", es necesario entonces, desde esta perspectiva, insistir en esta incoherencia que consiste en explicar los problemas como sino no fueran problemas, lo que podría de alguna manera también ayudarnos a explicar la actitud habitual de los estudiantes consistente en reconocer o abandonar; desde esta perspectiva la idea de la resolución de problemas empieza a ser entonces una necesaria intervención que nos va a permitir continuar en el desarrollo del siguiente módulo del presente programa de formación de profesores.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Comentario adicional 16 debido a la dinámica del Programa. En este apartado del programa dedicado a la reflexión fundamentada de los profesores en relación con la actividad que desarrollan con los estudiantes respecto a los trabajos prácticos de laboratorio, se hacía necesario comprender que el mejoramiento de las condiciones del aprendizaje de las ciencias para un cambio conceptual, procedimental y actitudinal requiere necesariamente la superación de visiones deformadas de la actividad científica, y para ello es imprescindible estudiar algunas de las críticas fundamentales a los modelos de aprendizaje por descubrimiento abordadas con gran rigurosidad desde la década de los 80's del siglo XX por autores como Ausubel (1978), Gil (1983), Yager y Penick (1983) y Hodson (1986). Desde estas críticas fundamentadas se han resaltado las características de algunas visiones deformadas respecto de la actividad científica y del conocimiento científico, las cuales fueron transmitidas implícitamente por modelos como el de la enseñanza de las ciencias por descubrimiento inductivo y autónomo. La superación de esta imagen del conocimiento científico requiere de un análisis crítico a lo que ha sido el pensamiento docente espontáneo, aspecto que los profesores participantes en el programa ya han abordado, especialmente desde sus reconstrucciones recientes en torno a la epistemología del conocimiento científico.

Un paso importante en esta fase del programa era que los profesores asumieran que los procedimientos científicos que habitualmente siguen, tanto para orientar la enseñanza como para desarrollar sus investigaciones, se encuentran marcados por visiones empiristas e inductivistas, las cuales principalmente han sido adquiridas por impregnaciones ambientales que muchas veces debieron pasar por alto. De otra parte, es fundamental que los profesores sean conscientes que esta deficiencia se debía a que ignoraban algunos de los aportes recientes de la filosofía de la ciencia y de la historia de la ciencia; para consolidar la fundamentación de las nuevas concepciones por parte de los Profesores se presentaron algunos documentos de autores que han trabajado profusamente esta problemática tales como Furió (2001), Gil (1983), Otero (1985), Gil (1986) y Millar y Driver (1987).

La discusión con el equipo de profesores ha conducido a hacer conciencia que las visiones deformadas de la actividad científica favorecen la infravaloración de la creatividad en el trabajo científico, haciendo suponer a los alumnos que el desarrollo del conocimiento científico (y por tanto, pensar usando conocimientos científicos) es una tarea que persigue alcanzar verdades absolutas e incontrovertibles. Respecto a este punto, se encuentra un interesante trabajo elaborado por Rubba, Horner y Smith (1981). Algunos modelos didácticos apoyados en la tesis del aprendizaje por descubrimiento, han puesto el acento en la experiencia motivacional de los estudiantes, haciéndoles pensar que descubriendo por sí mismos y llegando a conclusiones equivalentes a las que han llegado los científicos, permiten aprendizajes adecuados de la ciencia; para esta metodología, el seguimiento de pasos estrictos (no puede avanzarse al siguiente hasta no completar el previo) como observación, hipótesis para la explicación de hechos, experimentación y obtención de resultados, resulta ser su núcleo fuerte. Se trata,

evidentemente, de modelos de aprendizaje basados en concepciones empírico-inductivistas de la ciencia, que el equipo de profesores, a esta altura del programa, admite haber replanteado. Estas visiones distorsionadas e inadecuadas de la metodología científica, presentadas por Ausubel (1978) y Wellington (1982) entre otros, arrojan visiones en las que no se consideran aspectos claves de la investigación científica como lo es la formulación de problemas, la fundamentación teórica de los problemas y la emisión de hipótesis fundamentadas para orientar el diseño de experimentos de interés. Otros trabajos sugeridos desde los años 80's (Gené y Gil, 1983; Gil y Payá, 1988), han demostrado que desde estas concepciones empírico – inductivistas de la ciencia no se consideraban dentro de los objetivos de los trabajos prácticos la emisión de hipótesis o el diseño de experimentos.

Los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias sobre el pensamiento docente espontáneo, en particular en lo que tiene que ver con la naturaleza del conocimiento científico y su relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, es entonces en la actualidad, como lo sugiere Furió (2001), una de las principales líneas de investigación en el campo de la enseñanza de las ciencias, la cual ha surgido a partir de los resultados obtenidos en este campo de investigación donde se han podido cuestionar visiones deformadas de la ciencia, transmitidas muchas veces a los profesores de manera implícita y producto de impregnación ambiental. El coordinador del programa cita abundante información bibliográfica de reporte de investigaciones sobre el estudio de las concepciones espontáneas docentes (Gil et al, 1991; Désautels et al, 1993; Hodson, 1993; Meichstry, 1993; Porlán, 1993; Gil y Pessoa de Carvalho, 1994; Duschl, 1995) que han considerado precisamente conclusiones tales como las que aquí se han indicado.

Gil (1996), presenta algunas de las deformaciones más comunes que proporciona la imagen positivista y realista de la naturaleza de las ciencias. Sus principales conclusiones, abordadas in extenso por los profesores, son analizadas en profundidad para el favorecimiento de la mejor comprensión posible sobre estos aspectos. Las ideas allí expuestas, se consideran que pueden ser transmitidas explícita o implícitamente por la enseñanza de las ciencias. A continuación el esquema tomado de Gil (1986) que se abordó en este apartado:

Visión empirista y ateórica. *Se resalta el papel de la observación y de la experimentación “neutras” (no contaminadas por ideas apriorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis de la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos (teoría). Por otra parte, pese a esta importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente **libresca**, sin apenas trabajo experimental. Se incide particularmente en esta visión ateórica cuando se presenta el aprendizaje de la ciencia como una cuestión de “descubrimiento” o se reduce a la práctica de los “procesos” con olvido de los contenidos.*

Visión rígida (algorítmica, exacta, infalible...): *Se presenta el “método científico” como conjunto de etapas a seguir mecánicamente. Supone tratamiento cuantitativo, control riguroso,*

etc., olvidando –o incluso rechazando- todo lo que significa invención, creatividad, duda...

Visión aporética y ahistórica (ergo dogmática), se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc. ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento actual y las perspectivas abiertas.

Visión exclusivamente analítica, que resalta la necesaria parcialización de los estudios, su carácter acotado, simplificador, pero que olvida los esfuerzos posteriores de unificación de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios, el tratamiento de problemas “puente” entre distintos dominios que pueden llegar a unirse, etc.

Visión acumulativa, lineal: los conocimientos aparecen como fruto de un crecimiento lineal, ignorando las crisis, las remodelaciones profundas. Se ignora, en particular, la discontinuidad radical entre el tratamiento científico de los problemas y el pensamiento ordinario.

Visión de “sentido común”: Los conocimientos se presentan como claros, obvios, de “sentido común”, olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio. Se contribuye implícitamente en esta visión cuando se practica el **reduccionismo conceptual**, es decir, cuando se presenta el paso de las **concepciones alternativas** de los alumnos a los conocimientos científicos como simple cambio de ideas, sin tener en cuenta los cambios metodológicos que exigen la transformación, es decir, cuando se ignoran las diferencias substanciales que existen entre el pensamiento de sentido común y el tratamiento científico de los problemas.

Visión “velada”, elitista: Se esconde la significación de los conocimientos tras el aparato matemático. No se hace un esfuerzo por hacer la ciencia accesible, por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan ni confusión ni errores... como los de los propios alumnos. En el mismo sentido, se presenta el trabajo científico como un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos, con claras discriminaciones de naturaleza social sexual (la ciencia es presentada como una actividad eminentemente “masculina”)

Visión individualista: los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos... Se deja creer, en particular, que los resultados de un solo científico o equipo pueden verificar o falsar una hipótesis.

Visión descontextualizada, socialmente neutra: Se olvidan las complejas relaciones C/T/S y se proporciona una imagen de los científicos como seres “por encima del bien y del mal”, encerrados en torres de marfil ajenos a las necesarias tomas de decisión. Cuando, en ocasiones, se tienen en cuenta las interacciones CT/S, se suele caer en visiones simplistas: exaltación beata de la ciencia como factor absoluto de progreso o rechazo sistemático (a causa de su capacidad destructiva, efectos contaminantes, etc.)

LA RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS DE LÁPIZ Y PAPEL COMO NUEVO DESAFÍO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

A. 30. Los aprendizajes logrados hasta lo recorrido de este programa de formación de profesores, nos dan ya suficientes elementos para iniciar, bajo la misma metodología, reflexiones críticas a nuestras actividades cotidianas cuando abordamos con los estudiantes resolución de ejercicios de lápiz y papel. Estas reflexiones habrán de ser fundamentadas desde las concepciones innovadoras que hemos logrado en el programa y desde nuevos postulados desarrollados por la investigación actual en Didáctica de las Ciencias. En consecuencia, procederemos a asumir la resolución de problemas del lápiz y papel como un nuevo desafío didáctico, en la perspectiva de la consolidación de cambios didácticos (aprendizajes sobre la enseñanza). Estos cambios didácticos, seguiremos enfatizándolos como la transformación cognoscitiva de un conjunto de competencias profesionales docentes relacionadas con conocimientos, no solamente sobre la disciplina que enseñamos sino también sobre aspectos propios de la historia y la filosofía de la ciencia, y sobre modelos teóricos conceptuales propios de la didáctica de las ciencias experimentales. Otro factor decisivo a la hora de identificar cambios didácticos en los profesores, tienen que ver con la transformación de algunas actitudes del profesorado, en este caso hacia la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Finalmente, dichos cambios habrán de evidenciarse en la práctica docente, es decir, en los esquemas de acción que seguimos a lo largo de nuestro trabajo diario con los estudiantes. Así las cosas, en la perspectiva de avanzar en la discusión sobre la resolución de problemas, nos podemos plantear ahora la siguiente pregunta: ¿Por qué razón los estudiantes fracasan o generalmente fracasan al momento de resolver problemas de lápiz y papel?

Comentarios A.30. Se propone iniciar la actividad haciendo una pequeña recapitulación de las nociones que hemos abordado para caracterizar la palabra problema en el contexto de la actividad científica. Para ello se revisa de nuevo el artículo publicado por Gil y Martínez Torregrosa (1983), donde se asume esta noción como una situación que presenta algunas dificultades para su resolución y para las cuales no hay soluciones evidentes. Al abordarlas como problemas de investigación, pueden encontrarse alternativas para la solución a dichas situaciones.

La cuestión con la que queremos abordar este módulo del programa nos conduce a recapitular las ideas de los profesores en torno al por qué los estudiantes poco aprenden o aprenden insuficientemente algunos de los contenidos científicos que se les enseña o por qué no son capaces de poder resolver exitosamente algunos ejercicios. En este punto es importante resaltar las diferencias entre problemas y ejercicios definidas en el cuerpo teórico de la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Sin embargo como paso introductorio, se sugiere

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

que se revisen algunos libros de texto habitualmente utilizados por los profesores así como algunas guías de laboratorio institucionalmente adoptadas por la universidad. Lo anterior con el propósito de identificar los momentos en los cuales se utilizan los términos problema y ejercicio en las clases de ciencias.

El equipo de profesores encuentra que en la mayoría de los libros de texto universitarios de química analizados no se presenta una distinción precisa entre las nociones de ejercicio y problema. Se halla que habitualmente el término problema se asume como toda aquella situación algorítmica que deben resolver los estudiantes utilizando formalismos matemáticos convenientes. De otra parte, revisando los archivos del programa, recordamos que hace poco tiempo nuestras principales ideas a la pregunta formulada se centraban en afirmar que los estudiantes no pueden resolver ejercicios satisfactoriamente debido, entre otras cosas, porque no tienen las habilidades matemáticas necesarias para poder manejar e interpretar correctamente las ecuaciones que sean del caso, a que los estudiantes se limitan simplemente a repasar los ejercicios trabajados en el aula de clase sin la suficiente motivación para que ellos aborden nuevos ejercicios por sí mismos, y porque no siguen cuidadosamente los pasos en un mecanismo de resolución. Otra idea generalizada de los profesores es que los estudiantes prefieren que las actividades sean más de tipo abierto y no cerrado como sucede con los ejercicios, porque allí pueden expresar ideas más que mecanismos, que son a su juicio, más fáciles de aprender.

Contrastando estos resultados con otros obtenidos por la investigación didáctica (Reyes y Furió, 1988), sobre los puntos de vista de los profesores acerca del fracaso generalizado en la resolución de problemas por parte de los estudiantes, se encuentra que casi siempre los profesores asumen estas dificultades a la falta de suficientes conocimientos teóricos por parte de los estudiantes, a un escaso dominio del aparato matemático y a la poca comprensión del enunciado del problema; como puede verse, los resultados obtenidos en el análisis discutido con los profesores tienen relación con lo que se indica en la investigación citada anteriormente, especialmente en lo que tiene que ver con el escaso dominio del aparato matemático. En síntesis, las ideas de los profesores manifiestan poca corresponsabilidad del trabajo docente respecto a los resultados obtenidos por los estudiantes. Esto, teniendo en cuenta que las respuestas fundamentalmente atribuyen el fracaso en la resolución de problemas debido a las carencias de los estudiantes; esto sin duda, como lo ha venido demostrando la investigación en formación de profesores que se realiza desde la didáctica de las ciencias experimentales, constituye otra de las piezas claves en lo que configura la epistemología del pensamiento docente espontáneo de los profesores.

A.31. Teniendo en cuenta las ideas expuestas por el equipo de profesores en la actividad anterior, podemos entonces preguntarnos: ¿Cómo pueden aceptarse este tipo de razones cuando el fracaso afecta a la mayoría de los estudiantes?

Comentarios A.31. Desde esta perspectiva, se muestran algunos resultados de investigaciones que dan cuenta de respuestas afines de los profesores en relación con esta problemática; en esta medida podemos ahora empezar a conectar la problemática asociada con la resolución de problemas con la del desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio. Hemos venido mencionando que una enseñanza basada en la solución de problemas pretende que los aprendizajes de los estudiantes se manifiesten a través de cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales. La realización de trabajos prácticos de laboratorio como parte de las actividades de investigación que desarrollarían los estudiantes, pueden favorecer aprendizajes significativos de las ciencias caracterizados por los cambios anteriormente mencionados. Así las cosas, las actividades de resolución de ejercicios de lápiz y papel, en el contexto de una enseñanza por investigación orientada, puede también favorecer el aprendizaje significativo de las ciencias.

La investigación en didáctica de la ciencia y particularmente en formación de profesores ha puesto de manifiesto la gran dificultad que supone la superación de lo que se denomina la metodología de la superficialidad (Furió, 1986; Furió et al, 1989) El logro de cambios de orden metodológicos muchas veces resulta más difícil que los propios cambios de nivel conceptual. Así pues, desde esta perspectiva, la intención es que desde la investigación en la enseñanza de las ciencias se tengan en cuenta no solo las concepciones de partida de los estudiantes, sino también los esquemas de acción (procedimientos) de sentido común que se pueden constituir de igual forma en obstáculos para el desarrollo de cambios a nivel metodológico. Dichos obstáculos se arraigan mucho mas cuando la enseñanza de las ciencias se centra en que el aprendizaje de los estudiantes sea principalmente basado en la memorización de contenidos conceptuales.

Profesores experimentados e investigadores en didáctica de las ciencias, reconocen que la resolución de problemas es una actividad de los estudiantes donde se manifiesta el fracaso generalizado de los estudiantes. Los futuros profesores y los profesores en activo también identifican la resolución de problemas como uno de los principales obstáculos para el aprendizaje significativo de las ciencias; quizás por ello en la actualidad el interés por estudiar y por aportar alternativas de solución a este problema, ha llevado a la consolidación de una línea de investigación prioritarias en el desarrollo de la didáctica de las ciencias como lo es la de la resolución de problemas (Frazer, 1982; Gil y Martínez – Torregrosa, 1984 y 1987; Garrett, 1987 y 1988; Gabel, 1994), Esta línea de investigación ha permitido algunos replanteamientos globales sobre el proceso de enseñanza - aprendizaje particularmente de la física y la química como lo citan Gil et al (1991), es decir se trata de investigaciones que han reforzado los modelos de aprendizaje por investigación orientada como una alternativa justamente para poder salir al paso de este fracaso generalizado en el aprendizaje de las ciencias. Desde este nuevo enfoque para la enseñanza de las ciencias, se han propuesto un conjunto de estrategias

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

didácticas basadas en procesos, donde los estudiantes procuran reconstruir problemas de interés que hacen necesario reconsiderar modelos teóricos que se requieren para la solución del problema. Esta transición, entre modelos teóricos espontáneos y modelos teóricos científicos, implica cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales (se trata pasar desde teorías, procedimientos y predisposiciones cotidianas de los alumnos hasta teorías, procedimientos y predisposiciones afines con la actividad científica). En la procura de la resolución de problemas, las actividades conectan con trabajos prácticos de laboratorio y con el desarrollo de ejercicios de lápiz y papel, es decir, hacen parte de la actividad de investigación que siguen los alumnos.

Así pues, la solución a las dificultades de los estudiantes en la resolución de problemas de lápiz y papel como situación de fracaso generalizado, no se puede considerar como un asunto superficial o como casos aislados. Como lo destaca la investigación en didáctica de las ciencias, se ha podido demostrar que dicho fracaso es generalizado en los estudiantes independientemente de sus niveles de desarrollo cognitivo o de sus grados de escolarización. Ausubel (1978), señala que para una correcta solución de problemas, deben favorecerse diferentes habilidades de pensamiento, por ejemplo saber razonar, perseverancia, flexibilidad, improvisación, sensibilidad hacia el problema y astucia práctica; todo ello además de comprender los principios fundamentales que sigue el problema.

En consecuencia, la resolución de problemas es ahora en la educación en ciencias, un campo prioritario de investigación. Furió (2001) identifica un importante número de investigadores (Hudgins, 1966); Krulik y Rudnik, 1980; Polya, 1980) que coinciden en afirmar que existe un problema sobre el sentido del término "problema", cuando nos referimos a pautas de conducta o de conocimiento de los estudiantes que son insuficientes o inapropiados para llegar a una solución aceptable; en este sentido la solución sería posible solo si los estudiantes estuvieran en capacidad de apropiarse nuevos conocimientos o de operacionalizar nuevas relaciones que anteriormente no habían sido percibidas. En el sentido del proceso mismo de resolución de problemas, no podemos entonces seguir refiriéndolos como si se trataran de ejercicios de aplicación y por eso la distinción que ha de hacer el equipo de profesores. Krulik y Rudnik 1980 demuestran cómo en los ejercicios de lápiz y papel, habitualmente encontramos que los alumnos ya tienen interiorizados un conjunto de rutinas algorítmicas que conducen a respuestas satisfactorias, por tanto la intencionalidad del estudiante es reconocer el tipo de ejercicio que se plantea, identificar las ecuaciones más apropiadas que requieran para ello, colocar en las ecuaciones la información que se entrega y tratar de hacer los cálculos matemáticos necesarios, para obtener los datos de la incógnita solicitada.

En este sentido, podemos comprender por ejercicio una manera de aplicación de modelos teóricos, que pueden contrastarse desde el punto de vista tanto teórico como experimental y por tanto, tiene grandes diferencias con lo que es un problema. En los ejercicios no hay

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

incertidumbre en la forma como estos se desarrollan. Autores como Davis (1966), Burton (1977), Hayes (1981), Bodner y Mc Millen (1986), Gil y Martínez -Torregrosa (1987) han destacado esta situación.

Comentario adicional 17 debido a la dinámica del Programa. Psicólogos como Phye (1977), describían un problema de la siguiente manera: “en el aula de clase una situación problemática existe cuando los estudiantes están motivados a encontrar claves disciplinares que permitan una solución que no está prevista desde el comienzo y que necesariamente no requiere la activación automática de aspectos memorizados”; desde esa perspectiva el equipo de profesores discute en torno al tipo de ejercicios de lápiz y papel que habitualmente se desarrollan. La pregunta es si este tipo de ejercicios se aplica como resolución de problemas o como aplicación algorítmica de ejercicios de lápiz y papel. El equipo hace alusión a que habitualmente este tipo de actividad, según la fundamentación abordada, se aproxima más a desarrollarlos en forma de ejercicios de lápiz y papel.

José, que imparte los cursos de Análisis Instrumental, Pedro que imparte los cursos de Química Inorgánica y Adolfo que imparte en cursos de Química - Física, en los cuales habitualmente se tratan con los estudiantes abundantes ejercicios de lápiz y papel, reconocen que en este tipo de actividades, tal y como se ha fundamentado, su trabajo se ha reducido a abordarlos en forma de técnicas para su mecanización más que en estrategias de desarrollo como parte de la lógica de una enseñanza dirigida a resolver problemas. En este punto, conviene hacer la distinción entre actividades en el aula de clase (tareas) como ejercicios y como problemas:

Es común pensar que las dificultades asociadas con el saber hacer se deben a la incapacidad de aplicar lo que se sabe decir, de manera que se supone que lo teórico siempre debe anticiparse a lo práctico. Sin embargo, la investigación contemporánea en psicología cognitiva muestra que se trata del aprendizaje de dos tipos de conocimientos, los cuales se aprenden por procesos distintos y hasta en cierta forma independiente. Lo anterior se basa en el principio que las personas disponemos de dos formas diferentes, y no siempre relacionadas, de conocer el mundo. Por un lado, sabemos “decir” cosas sobre la realidad física y social; por otro lado sabemos “hacer” cosas que afectan la realidad física y social. Ambas categorías de conocimientos, en muchos casos pueden coincidir, pero también hay otros muchos donde esto no es así.

Los conocimientos procedimentales, abarcan asuntos técnicos como medir la temperatura de una sustancia, elaborar una hipótesis para explicar la caída de los cuerpos, efectuar un cálculo matemático a partir de unos datos indicados o identificados o contrastar teorías sobre el origen del universo. Las diversas clases de procedimientos, ameritan efectuar una distinción, a lo

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

largo de un continuo de generalidad y complejidad, que va desde las “técnicas y destrezas” hasta las “estrategias” de aprendizaje y razonamiento.

En tanto las técnicas son una rutina automatizada como consecuencia de la práctica repetida, las estrategias implican una planificación y una toma de decisiones sobre los pasos que se van a seguir. Las estrategias se componen de técnicas e implican un uso deliberado de las mismas en función de los objetivos de una tarea.

Las estrategias se componen de técnicas. Así las cosas, la puesta en marcha de una estrategia (por ejemplo, formular y comprobar una hipótesis sobre la influencia de la presión en el comportamiento de un gas), requiere dominar técnicas (acotar variables, dominar instrumentos para medir la presión de un gas, registrar por escrito lo observado). El uso eficaz de una estrategia depende en buena medida de las técnicas que la componen. En consecuencia, la enseñanza de estrategias no sólo está asociada con un buen dominio de técnicas o rutinas automatizadas por los alumnos (o por las personas que aprenden), sino que debe apoyarse en la práctica de dichas técnicas.

Las estrategias requieren recursos cognitivos para ejercer el control más allá de la ejecución de las técnicas, es decir, precisan un grado de reflexión conciente o metacognición; en palabras de Pozo y Gómez Crespo (2000) para tres tareas esenciales:

- a) la selección y planificación de los procedimientos más eficaces en cada caso,*
- b) el control de su ejecución o puesta en marcha y,*
- c) la evaluación del éxito o fracaso obtenido tras la aplicación de la estrategia.*

Las estrategias entonces se diferencian de las técnicas en que implican una actividad deliberada y controlada por parte del alumno, requieren activar metacognitivamente acciones concientes (esto es lo que diferencia una técnica propia de un oficio, de una estrategia ejecutada en técnicas propia de una profesión).

Los metacogniciones, según Pozo y Gómez Crespo (2000) como factores fundamentales para aprender a planificar estrategias, ayudan a precisar también la ejecución de estrategias de aprendizaje. Éstas son:

- a) Fijar metas*
- b) Elegir una secuencia de acción*
- c) Aplicar la secuencia de acción*
- d) Evaluar el logro de las metas*

Aprender a aprender exige el desarrollo de estrategias. Quien aprende debe ejercer un control conciente de la aplicación de la estrategia. Por el contrario, en un aplicación rutinaria (técnica), no existe control conciente o éste se ejerce desde fuera del alumno por parte del profesor, quien tradicionalmente establece las metas, elige las secuencias de acción y evalúa los resultados (el alumno se limita a aplicar la técnica o la rutina).

Estas reflexiones ponen en evidencia que la pretensión del aprendizaje significativo de las ciencias no es posible cuando, no solo se utilizan –así sea implícitamente- principios epistemológicos incompatibles con aquellas posturas que favorecen la idea del conocimiento científico como una “construcción social”, sino cuando las clases se centran casi en el desarrollo de “habilidades y técnicas” por parte de los estudiantes, tanto para replicar prácticas de laboratorio siguiendo instrucciones precisas como para resolver ejercicios siguiendo algoritmos matemáticos (ambas clases de actividad, que implican trabajos rutinarios).

A.32. Teniendo en cuenta la crítica argumentada construida para analizar a actividad docente habitual que orienta la resolución de ejercicios de lápiz y papel en las clases de ciencias, proponer, a la luz de todo lo avanzado a lo largo de este programa, posibles alternativas de solución a esta problemática, que como hemos visto, favorecen el aprendizaje repetitivo de los estudiantes a través de rutinas tanto en clases de teoría como en clases de laboratorio.

Comentarios A.32. Este cuestionamiento sitúa de nuevo a los profesores en situación de analizar críticamente hasta donde sus enseñanzas habituales han permitido aprendizajes significativos y más bien han favorecido aprendizajes repetitivos y memorísticos. El paralelismo entre la investigación científica y el aprendizaje de las ciencias ha entusiasmado a los profesores del programa. Suponer al profesor como un director de investigación (igual que hace cuando orienta en estudiantes trabajos finales de grado o cuando desarrolla proyectos de investigación), parece mejorar los niveles motivacionales del equipo. Bajo este supuesto de lo que debiera ser la actividad docente, consideran que su trabajo con los profesores, más que de explicar conocimientos, es el de orientar para la resolución de problemas. En tal sentido, algunas actividades explícitas en la práctica docente, a juicio de los profesores, debieran ser: precisar la o las teorías requeridas para resolver los problemas planteados, identificar las variables que pueden conducir a la resolución del problema a la luz de la teorías, plantear hipótesis fundamentadas, diseñar y desarrollar tratamientos experimentales que permitan obtener una serie de datos, proponer respuestas al problema planteado, informar los resultados, y contrastar los resultados con los desarrollos que al respecto hacen las comunidades científicas especializadas.

Así pues resulta conveniente, que los estudiantes comprendieran que lo que habitualmente se presenta como ejercicios de lápiz y papel, puede considerarse como información obtenida para la solución de un problema. La orientación de las actividades por parte del profesor, mediadas por una investigación orientada, permite que a cambio de asumir contenidos conceptuales como un fin, se valoren como un medio necesario para la solución de una situación problémica. Un trabajo cooperativo entre profesor y estudiantes (metodología que los profesores valoran en alto grado a partir de la experiencia que están logrando en el curso de este programa), favorece un clima de clase para el tratamiento de problemas. El aula de clase dejaría de ser el lugar donde a manera de un gran vademécum, el profesor responde todas las inquietudes de los estudiantes, utilizando sus conocimientos, libros, Internet, etc. Debiera ser, por el contrario, el espacio donde se propicie la elaboración de conocimientos, usando libros, Internet y otros medios para resolver problemas de interés. Esta valoración que han hecho los profesores, resulta ser de gran interés ya que favorecer la enseñanza de las ciencias en el contexto de una cultura de la investigación habrá de desarrollar cambios actitudinales en los estudiantes respecto a la ciencia, el aprendizaje de la ciencia y las implicaciones sociales de la ciencia, ya que podrían acceder a formas más interesantes de aprender.

A.33. Las distinciones entre ejercicios y problemas y el análisis crítico de la resolución habitual de problemas, expresados como ejercicios algorítmicos, requiere de un replanteamiento didáctico que permita comprenderlos desde una perspectiva de la enseñanza por investigación. Para ello, se deben fortalecer los nexos entre el cuerpo teórico de la didáctica de las ciencias experimentales y la resolución de problemas. En otras palabras, ¿En qué medida los modelos de aprendizaje orientados por una investigación en el aula, donde el profesor actúa como director de un grupo de investigación novel y los estudiantes actúan como investigadores noveles, puedan propiciar aprendizajes significativos? y, ¿Cómo favorecer los aprendizajes significativos comprendidos como un conjunto de reestructuraciones de tipo conceptual, actitudinal y metodológico, es decir como evidencias en los cambios de las personas en sus formas de pensar, sentir y actuar?

Comentarios A.33. Es necesario, luego del debate adelantado por los profesores, darle un resignificado a lo que comprendemos como “problemas” de lápiz y papel y “problemas” de investigación. Las actividades de solución de ejercicios de lápiz y papel han de familiarizar a los estudiantes con la metodología científica; ello requiere reconsiderar las concepciones filosóficas sobre la ciencia que la dejan como un catálogo de verdades absolutas, producto de observaciones sistemáticas y universales sobre problemas del entorno social o natural. La enseñanza de las ciencias ha de ser el espacio para elaborar modelos científicos escolares, es decir, las teorías científicas son modelos teóricos con un lenguaje propio desde los cuales se comprenden y predicen hechos de la naturaleza física, viva o social). Estas interpretaciones a

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

la realidad a partir de nuestras interacciones con modelos teóricos, favorecen la construcción de “hechos científicos”, los cuales entonces son producto de las investigaciones y de las modelizaciones teóricas que se hacen desde el conocimiento científico.

El reto a indagar desde una enseñanza de las ciencias innovadora es cómo lograr que los estudiantes construyan sus “propios hechos científicos escolares” de manera que los conecten con un modelo propio para explicarlos científicamente; ello requiere que apropien un lenguaje adecuado y coherente con el modelo, de forma que utilizando dicho modelo se llegue a un conocimiento científico escolar, compatible con el conocimiento científico elaborado por las comunidades académicas especializadas. En esa medida es necesario recordar cuáles son aquellos aspectos esenciales del trabajo científico, que permitan evitar que el profesorado caiga nuevamente en una presentación inductivista del conocimiento científico; así entonces el equipo insiste en el papel fundamental que desempeñan las orientaciones epistemológicas apoyadas en orientaciones más innovadoras en la enseñanza de las ciencias. Para evitar caer en una presentación inductivista de las ciencias, es importante resaltar con el equipo de profesores algunos aspectos tomados de Furió (2001):

En primera instancia, un rechazo del concepto de resolución de problemas basado en la búsqueda de relaciones entre los datos y las incógnitas. Esta discusión permite conceptualizar en el equipo que la resolución de problemas, consiste en la aplicación de un “operador alegórico” que transforma los datos en resultados (Polya, 1975). Por otro lado, debe manifestarse un rechazo de la utilización de problemas tipo, que provocan fijación y hace más difícil el planteamiento de los problemas como investigación. Desde una docencia del sentido común, esta es quizás uno de los indicadores más evidentes, pues casi siempre se reducen ejercicios que podrían tratarse como problemas a un tratamiento como técnicas que se aprenden por repetición mecánica. El tercer aspecto es la necesidad que en la actividades de resolución de problemas que adelanten los alumnos se incluyan las posibilidades de emitir hipótesis y de elaborar estrategias de resolución de problemas, pues conectado con lo anterior es la estrategia para que los datos simplemente no se vuelven una información numérica que deba ser resuelta utilizando una ecuación, sino que los datos se comprendan en el sentido epistemológico de la palabra, es decir como una expresión del manejo y manipulación de variables desde ciertos modelos teóricos y con la posibilidad que ante nuevos datos un proceso de investigación pueda encontrar alternativas de solución. Emitir hipótesis y elaborar estrategias de resolución de problemas requiere un análisis cuidadoso de los resultados. La enseñanza de las ciencias organizada mediante investigación orientada, no solamente ha de estar enfocada para que los estudiantes aprendan algunos contenidos teóricos o aprendan investigando a resolver algunas situaciones de carácter experimental, sino también puede ser ocasión propicia para la resolución de ejercicios de lápiz y papel. El equipo alcanza conclusiones significativas dentro de los objetivos del programa: hay manifestaciones de predisposiciones positivas hacia las actividades de enseñanza de las ciencias basadas en la

investigación de los alumnos, donde se resuelvan problemas acordados por consenso entre profesor y estudiantes de acuerdo con la finalidades del curso, y se brinden las mejores posibilidades para que los estudiantes, aprendiendo ciencias, desarrollen aprendizajes sobre modelos teóricos, lo que favorecería en ellos cambios conceptuales simultáneos con cambios procedimentales y actitudinales.

A.34. Sintetizar, a partir de los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias, los “aspectos esenciales en la resolución de problemas como investigación”.

Comentarios A.34. Se pretende en esa actividad, obtener conclusiones generales respecto a la enseñanza de las ciencias apoyada por la resolución de problemas como investigación. Para ello, se presenta la síntesis que indica Furió (2001):

*Discutir cuál puede ser el “**interés de la situación problemática abordada**”. Esta discusión, además de favorecer una actitud más positiva, permitiendo una aproximación funcional a las relaciones C/T/S, contribuye a proporcionar una concepción preliminar de la tarea, evitando que los estudiantes se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora.*

*Realizar un “**estudio cualitativo de la situación**”, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, tomando decisiones sobre las condiciones que se consideran relevantes, etc.,*

*Emitir “**hipótesis fundamentadas**” sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límite de fácil interpretación física.*

*Elaborar y explicitar posibles “**estrategias de resolución**” (en plural) antes de proceder a ésta, para posibilitar una contrastación rigurosa de las hipótesis y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.*

*“**Realizar La resolución**” verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, el puro ensayo y error u operativismos carentes de significación física. Conviene, en general, comenzar con una resolución literal (que permite mantener el tratamiento próximo a los principios manejados y facilita el análisis de los resultados). Dicha resolución literal puede completarse después solicitando los datos correspondientes al profesor (o mejor, introduciendo valores plausibles de los mismos).*

*“**Analizar cuidadosamente los resultados**” a la luz del cuerpo de conocimientos y de las hipótesis elaboradas, y en particular, de los casos límite considerados.*

*Considerar las “**perspectivas abiertas**” por la investigación realizada, contemplando, por ejemplo, el interés de abordar la situación a un nivel de mayor complejidad, sus implicaciones teóricas (profundización, por ejemplo, en la comprensión e algún concepto) o prácticas*

(aplicaciones técnicas). Concebir, muy e particular, nuevas situaciones a investigar sugeridas por el estudio realizado.

“Elaborar una memoria” que explique el proceso de resolución y que destaque los aspectos de mayor interés en el tratamiento de la situación considerada. Incluir en particular, una reflexión global sobre lo que el trabajo puede haber aportado, desde el punto de vista metodológico u otro, para incrementar la competencia de los resolventes.

Para terminar esta actividad, se presentan al equipo de profesores, una serie de trabajos de investigación en Didáctica de las Ciencias que se han desarrollado en la línea de investigación sobre resolución de problemas (Gil y Martínez - Torregrosa (1983 y 1987; Gil, Dumas – Carré et al (1989 y 1990); Gil et. al (1991), Gil y Carrascosa (1992), Reyes y Furió (1989,1990); Azcona (1997). En síntesis, la aplicación de un modelo de resolución de problemas basado en un modelo didáctico de enseñanza por investigación orientada, el cual incluye actividades como la introducción de conceptos, el diseño y la realización de experimentos, podría permitir que los estudiantes se familiaricen con la metodología científica y manifiesten aprendizajes (en forma de cambios significativos) hacia la actividad científica, los cuales promueven la superación de la metodología de la superficialidad (Carrascosa, Furió y Gil, 1985), la diferenciación de la interpretación de problemas desde el contexto del pensamiento cotidiano y del pensamiento científico, y la consolidación de predisposiciones conscientes de los sujetos hacia la ciencia y hacia la actividad científica.

Como lo sugiere Furió (2001), la práctica reiterada en un proceso de orientación constructivista donde se plantean problemas, se discute sobre los mismos, se reflexiona colectivamente en pequeños grupos ayudados por el profesor, se emiten por parte de los alumnos soluciones en forma de hipótesis, se contrastan las hipótesis de manera teórica y experimental, surge como ayuda y apoyo para que los estudiantes puedan eficazmente favorecer cambios conceptuales y metodológicos. Al mismo tiempo, la búsqueda de estrategias de resolución donde hay posibilidad de pluralidad de vías de resolución, es decir, donde se favorece el pensamiento divergente, ayuda a reforzar este cambio metodológico deseado. Furió (2001), haciendo una síntesis de resultados de investigaciones en didáctica de las ciencias, cita algunos indicadores en relación a cómo favorecer cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales en el contexto de una enseñanza de las ciencias “radicalmente constructivista”:

1. Es importante que los alumnos no caigan en la manipulación inmediata de datos y fórmulas, actividad que es típica de modelos de enseñanza habituales que favorecen una excesiva mecanización algorítmica y arbitraria de lo que tiene que ver con ejercicios de lápiz y papel.
2. Es importante que los estudiantes puedan dedicar un tiempo inicial a consideraciones de tipo cualitativo y a la formulación precisa de problemas y no necesariamente

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

introducir temáticas sin haber discutido con los estudiantes un problema de interés, que pueda ser susceptible de ser analizado con las teorías que el profesor pretende enseñar en el aula de clase a sus estudiantes.

- 3. Se hace necesario que los estudiantes formulen hipótesis fundamentadas operativizándolas, imaginando posibles casos límites con una significación física clara, es decir, se hace necesario que en la medida que hay un problema de interés en el aula de clase, se encuentre por parte los estudiantes la necesidad de fundamentar teóricamente este problema de forma que, a partir de la modelización teórica diseñada formulen hipótesis fundamentadas que permitan tratar de operativizar dicho problema.*
- 4. Es importante que los estudiantes intenten encontrar más de un camino para resolver el problema, es decir, debe darse la ocasión para que la manera de operativizar las hipótesis pueda hacerse también a partir de diseños experimentales; ha de buscarse que los resultados puedan ser discutidos, comparados y contrastados para buscar las mejores alternativas al respecto.*
- 5. Es importante que los estudiantes expliciten las estrategias de resolución antes de iniciarla, es decir, hay que procurar la máxima verbalización; ha de favorecerse el desarrollo de competencias comunicativas como son la argumentación, la interpretación y la proposición, como elementos de comunicación de los procesos y los resultados en la actividad científica.*
- 6. Los estudiantes deben realizar la resolución de un problema usando explicaciones que den sentido a lo que se hace, usando las competencias comunicativas mencionadas anteriormente.*
- 7. Los estudiantes deben estar en capacidad de analizar los resultados obtenidos considerando las hipótesis avanzadas y la verificación de los casos límites.*

Nuestro objetivo fundamental como profesores de ciencias, es enseñar a los estudiantes en el marco de una formación ciudadana y en el marco de unos principios de alfabetización científica, contenidos y modelos científicos: pero la cuestión y el dilema fundamental tal y como lo prevé Izquierdo en su presentación oral en algunos conversatorios desarrollados en Colombia (2004), no es el presentar de manera acrítica, arbitraria, rutinaria y transmisiva los conocimientos, sino a cambio, lograr que los estudiantes apropien esos conocimientos, es decir, apropien los modelos teóricos de interés en la enseñanza de las ciencias a partir de actividades de investigación. El equipo encuentra coherencia en lo avanzado hasta ahora, en relación con lo que tiene que ver con las características del conocimiento docente espontáneo, con la realización de prácticas de laboratorio y de ejercicios de lápiz y papel como actividades

de investigación sustentadas en principios de los estudios contemporáneos en epistemología y en historia de las ciencias, con la resolución de problemas, y con la fundamentación de modelos de enseñanza de las ciencias no directivistas y transmisivos. Los profesores cuestionan la organización de secuencias de actividades habituales, basadas en transferir la organización de contenidos a partir de los libros de texto.

La enseñanza de las ciencias por investigación orientada, no solo puede favorecer cambios de orden conceptual, metodológico y actitudinal en los estridentes, sino también cambios en el propio profesorado; desarrollar nuevas formas de enseñanza significa elaborar conocimientos de la didáctica de las ciencias, que implican cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales hacia la enseñanza, auténticos cambios didácticos.

EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS

A.35. En este punto, se hace necesario abordar los problemas asociados con el aprendizaje de contenidos teóricos. La pregunta orientadora a abordar con el equipo de profesores es: ¿cómo enseñamos habitualmente los contenidos teóricos de las ciencias?

Comentarios A.35. Se pretende en este nuevo módulo del Programa de formación de profesores, profundizar en las nuevas concepciones que sobre la enseñanza de las ciencias han venido desarrollando los profesores participantes. En particular, interesará abordar el estudio de las concepciones previas, la importancia de la investigación didáctica en este campo y los consensos que se han logrado de cara a la mejora de los aprendizajes de las ciencias a partir de su caracterización e interpretación.

Luego de una reflexión personal puesta por escrito y de un posterior intercambio y profundización de ideas, Pedro hace alusión que comprender la enseñanza de los contenidos teóricos se ha manifestado implícitamente en lo que hasta ahora el grupo ha venido discutiendo acerca de las prácticas de laboratorio y la resolución de problemas. Pedro resume la actividad habitual que seguimos los profesores para enseñar contenidos conceptuales: presentación del tema a tratar por parte del profesor, presentación teórica del tema (donde los estudiantes fundamentalmente actúan como espectadores), preparación y ejecución de algunas prácticas de laboratorio que permitan mostrar la coherencia de los temas tratados, desarrollo de sesiones para tratar ejercicios – tipo de lápiz y papel en los cuales se utilicen los contenidos teóricos estudiados, y evaluación del contenido que incluye: preguntas sobre conceptos, ejercicios de lápiz y papel para resolver, preguntas sobre los resultados de los laboratorios efectuados.

Sobre esta secuenciación, el equipo realiza un análisis crítico que conduce a las siguientes reflexiones: la clase se distancia de lo que entendemos por familiarización de los estudiantes

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

con la actividad científica, se favorece el aprendizaje memorístico de contenidos, se privilegia el tratamiento de contenidos conceptuales (los trabajos de laboratorio y la solución de ejercicios de lápiz y papel son “actividades accesorias” para alcanzar el fin que es aprender contenidos conceptuales), no se relaciona los contenidos científicos que se tratan con problemas de la vida cotidiana, y todo se centra en el entrenamiento en el conocimiento de teorías que los estudiantes deben aprender para que en un futuro los puedan enseñar a sus estudiantes.

Así pues, el equipo examina cuáles podrían ser algunas alternativas didácticas que favorezcan una enseñanza que no se centre justamente en éste esquema transmisivo y que no favorece las expectativas contemporáneas en la educación científica como es el desarrollo de estándares de competencias científicas; que tampoco favorece en los estudiantes la aplicación en contexto de los aprendizajes como alternativa para comprender el conocimiento científico como una herramienta socialmente útil para resolver problemas de interés para la humanidad.

A partir de materiales que dan cuenta de la investigación en la enseñanza de las ciencias en este campo, se muestra cómo desde hace más o menos unos veinte años, empezó a consolidarse una línea de investigación en torno al estudio de los denominados “errores conceptuales”; se analizan la obra de Giordan y de Vecci (1988), en la que se pregunta por qué a pesar de tratamientos reiterados en el aula de clase especialmente dirigidos a superar en los estudiantes errores conceptuales, éstos aún siguen persistiendo. El estudio sistemático de los errores conceptuales como síntoma empezaría a consolidarse con la tesis doctoral de Viennot (1976) “Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire”. Desde entonces puede decirse que ha habido una emergencia muy importante en investigaciones tratando de auscultar las problemáticas asociadas a la persistencia de los errores conceptuales. Una vez puesto en evidencia la extensión de la gravedad de los errores conceptuales, favoreció en la didáctica de las ciencias un interés creciente por investigar sobre la comprensión de sus causas y sobre el diseño de estrategias de enseñanza para salir al paso de resultados tan negativos.

A.36. ¿Al momento de desarrollar nuestras actividades en el aula de clase, qué conocimientos interactúan en este proceso? Sugerir hipótesis fundamentadas que expliquen los análisis efectuados.

Comentarios A.36. Se persigue en esta actividad, que los profesores comprendan a partir de sus propias reflexiones fundamentadas en todo lo que hemos tratado a lo largo de este programa, que en el aula de clase emergen simultáneamente varias “categorías de conocimientos”, que al no considerarlas, podrían generar la persistencia de errores conceptuales.

Luego de las discusiones adelantadas se razona acerca de los siguientes conocimientos: a) los conocimientos científicos (disciplinares), que el profesor toma como referencia para la enseñanza (objetos de enseñanza), b) los conocimientos metadisciplinares, es decir los conocimientos asociados con la epistemología y la historia de la ciencia y desde los cuales, según sea su naturaleza, se definen concepciones hacia la ciencia y hacia la actividad científica, c) los conocimientos cotidianos, propios de profesores y estudiantes, d) los conocimientos didácticos, implícitos o explícitos, que el profesor activa para orientar la enseñanza, y e) los conocimientos científicos escolares, los cuales en una enseñanza de las ciencias como actividad de investigación, son los conocimientos que elaboran los estudiantes (en el contexto escolar) para resolver un problema y que se contrastan respecto a los conocimientos científicos elaborados por las comunidades especializadas (en el contexto de la investigación científica) y respecto a los conocimientos cotidianos (en el contexto cultural). Investigadores en enseñanza de las ciencias, como el grupo IRES de la Universidad de Sevilla, han considerado la importancia que tienen que los profesores comprendamos la naturaleza del conocimiento científico escolar, como aquel conocimiento que se curriculariza y que se espera los estudiantes elaboren y contrasten respecto al conocimiento cotidiano y a los conocimientos científicos.

Comprender las "categorías de conocimientos" puede ser una clave para encontrar algunas explicaciones sobre los errores conceptuales y las ideas previas. Las ideas previas son puntos de partida con las cuales los seres humanos resolvemos problemas y pueden en consecuencia, producirse apoyadas desde el conocimiento científico o desde el conocimiento cotidiano. Surgen desde el reconocimiento científico cuando ante un problema, una persona, un científico o un grupo de investigadores utiliza entramados de conceptos (modelos teóricos) para resolver problemas. Pueden también surgir desde el conocimiento cotidiano, cuando ante una situación, las personas utilizan ideas del sentido común para abordarlas. Por otra parte, los errores conceptuales se entienden como la tergiversación de ideas o de procedimientos debido al solapamiento de formas de conocimiento inconmensurables entre sí o a la escasa integración jerárquica entre diferentes formas de conocimiento que no permite diferenciar unos de otros.

A.37. Procedamos ahora a interiorizar con rigor algunas investigaciones didácticas de las ciencias entorno a las concepciones alternativas de los estudiantes y sus implicaciones didácticas.

Comentarios A.37. Una de las principales preocupaciones en el campo de la enseñanza de las ciencias ha sido precisamente tratar de encontrar explicaciones argumentadas al problema de la persistencia de errores conceptuales de los estudiantes, errores que se presentan a menudo por parte de quienes aprenden independientemente del número de cursos en los que se les ha impartido unos conceptos determinados. Varias investigaciones han mostrado que incluso en

estudiantes universitarios, a pesar de la formación reiterada en un determinado campo del conocimiento, continúan cometiendo errores conceptuales al momento de explicar ciertos contenidos para comprender el mundo. Una vez puesta en evidencia la gravedad de los errores conceptuales, ha seguido dentro del ámbito de la investigación científica, el estudio sobre la caracterización de las causas de dichos errores conceptuales y el consecuente diseño de estrategias de enseñanza que procuran salir al paso de los resultados tan negativos encontrados.

El equipo de profesores reitera hacer necesaria la distinción entre la discusión contemporánea entre errores conceptuales y concepciones alternativas. Desde los trabajos de Vienot (1976) posteriores trabajos de investigación como los elaborados por Driver (1983 y 1986), se ha empezado a destacar la importancia de la noción sobre esquemas conceptuales. Los esquemas conceptuales hacen referencia a concepciones globales de pensamiento, desde las cuales es posible explicar un determinado fenómeno o un determinado problema; en tal sentido, pueden tener su origen en conocimientos del sentido común o en conocimientos científicos. En esta medida, la transposición en la explicación de un hecho del mundo, tratándose de abordar desde el conocimiento común pero, por ejemplo, siguiendo la lógica de razonamiento del conocimiento cotidiano, podría originar errores conceptuales, es decir, solapamientos entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano. Así pues, reconocemos los errores conceptuales como una “tergiversación” de conocimientos, cuando una persona no es coherente con las explicaciones que hace desde un esquema conceptual particular. Feyerabend (1975), se refiere a la inconmensurabilidad de las teorías en el sentido que los conceptos y los enunciados observacionales que los empleen, dependen del contexto teórico en el que surjan. En algunos casos, los principios fundamentales de dos teorías rivales pueden ser tan extremadamente diferentes que no es posible formular conceptos básicos de una teoría en los términos de la otra, en otras palabras, no es posible comparar lógicamente teorías rivales; en síntesis, el contexto de una teoría no puede reducirse al contexto de otra teoría diferente, ya que sus lógicas de razonamiento y sus esquemas conceptuales no se acoplan entre sí. No es posible alcanzar conclusiones lógicas de una teoría partiendo de los principios de su rival.

En el cuerpo teórico emergente de la investigación en Didáctica de las Ciencias (Tiberghien, 1985), se han postulado interesantes líneas de investigación en torno a la estructura cognoscitiva de los alumnos como punto de partida. Entre los balances y perspectivas de la Didáctica de las Ciencias citadas por Porlán (1998), se indica que uno de los principales problemas a abordar es el relacionado con “el desarrollo de una nueva teoría sobre el conocimiento escolar y de las estrategias que favorecen su construcción, en el cual se involucran investigaciones e innovaciones en el terreno de las concepciones de los alumnos, en el análisis didáctico de la historia y la epistemología de las ciencias y sus implicaciones

educativas, y en la organización y evolución de dicho conocimiento incluyendo pautas metodológicas y evaluativas”.

Algunas investigaciones realizadas con estudiantes de Licenciatura para profesores de química (Mosquera, 2000) identifican algunos errores conceptuales que cometen los estudiantes cuando intentan explicar desde teorías científicas fenómenos de la naturaleza, usando como referentes, lógicas de razonamiento y esquemas conceptuales propios del conocimiento cotidiano. Los esquemas conceptuales son concepciones desde las cuales se examina un determinado problema; estas concepciones pueden resultar en ocasiones contradictorias entre sí (son concepciones alternativas la una a la otra) y el intento de explicar problemas desde esquemas conceptuales híbridos puede dar lugar a errores conceptuales. Por otra parte, dado que en el aula escolar confluyen simultáneamente diversas formas de conocimiento, si éstas no son diferenciadas y tenidas en cuenta por el profesor, podrían generar obstáculos en los aprendizajes de los estudiantes favoreciendo la persistencia y consolidación de errores conceptuales. Investigaciones precedentes han demostrado que no considerar esquemas conceptuales propios del conocimiento de sentido común, podrían constituir obstáculos para el aprendizaje del conocimiento científico.

Comentario adicional 18 debido a la dinámica del Programa. El conocimiento científico escolar, o el conocimiento que se produce en el contexto escolar a partir de actividades de enseñanza de las ciencias, ha de ser compatible con el conocimiento científico, es decir, con el conocimiento elaborado en el contexto del trabajo propio de las comunidades científicas. Como se aprecia, ambas formas de conocimiento tienen una relevancia especial en la educación en ciencias, el científico escolar, especialmente en el marco de esquemas de enseñanza de naturaleza constructivista, surge como elaboraciones de los estudiantes para solucionar problemas de interés científico a partir de actividades de investigación orientadas por el profesor, y el científico propiamente dicho, elaborado por los científicos mediante procesos de investigación, y que en el contexto escolar, es el saber de referencia para validar los conocimientos elaborados por los alumnos a través de procesos de investigación en el aula. El conocimiento científico, está estructurado por entramados conceptuales (teorías) desde el cual tienen sentido ideas, creencias y prácticas para interactuar con el mundo con el propósito de explicarlo y predecirlo. Orienta razonamientos para la resolución de problemas a partir de los entramados conceptuales, desarrollando lógicas de razonamiento desde la cual se definen y ponen en práctica estrategias de investigación en torno a problemas que arrojan cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales en relación con conocimientos cotidianos o incluso, con otros entramados conceptuales científicos. En forma equivalente, el aprendizaje de las ciencias podría implicar en consecuencia, actividades de investigación que adelantan los estudiantes con la orientación del profesor, de cara a resolver problemas de interés científico mediante estrategias consecuentes con los entramados conceptuales que interiorizan comprensivamente, y que habrían de favorecer cambios conceptuales, actitudinales y

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

procedimentales. Estos cambios, en el contexto escolar, favorecen modificaciones en las formas de pensar, sentir y actuar de los estudiantes, en la medida que elaboran conocimientos científicos escolares (conocimientos científicos que ya han sido elaborados y consolidados por los científicos en el contexto científico) que contrastan con el conocimiento cotidiano, o que incluso, contrastan con otros conocimientos científicos escolares aprendidos previamente por los estudiantes.

Se destacan, una vez más, las estrategias de aprendizaje de las ciencias a partir de actividades de investigación en el aula, las cuales en la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias han mostrado ser útiles para favorecer cambios en las formas de razonar, en las formas de predisponerse y en las formas de abocar problemas, desde la manera habitual de los conocimientos de sentido común hasta maneras innovadoras de los conocimientos científicos. Se trata de una enseñanza que favorece transformaciones en los estudiantes en forma de grandes cambios paradigmáticos, al cambiar de concepciones desde una cosmovisión particular a otra, que incluyen, como se ha abordado, modificaciones conceptuales (de entramados conceptuales más que de conceptos unitarios), actitudinales y metodológicas. Con estas consideraciones es posible concluir que un punto de partida indelegable en el trabajo en el aula en el contexto de la enseñanza de las ciencias, consiste tener en cuenta en las secuencias de aprendizaje y en general en el diseño de actividades didácticas, la identificación de las ideas previas que pueden tener los estudiantes ya que son un punto de partida para tratamientos de problemas con mayor nivel de complejidad desde lo conceptual, lo metodológico y lo actitudinal, en búsqueda de aprendizajes mediante la resolución de problemas desde una perspectiva científica. En tal sentido conviene aquí destacar que los profesores participantes en este programa han manifestado la necesidad de aprender a organizar estrategias de enseñanza, que incluyan la identificación de ideas previas de los estudiantes. A título de hipótesis, el equipo de profesores sugiere que a la luz de los tratamientos desarrollados en este programa, una de las principales dificultades que se tienen para el logro y favorecimiento de aprendizajes significativos consiste en que no se identifican las ideas previas y posteriormente, no se tratan explícitamente de cara a su modificación o desarrollo. Esto puede conducir a que no se superen posibles obstáculos para el aprendizaje de los estudiantes.

Se espera entonces que a través de la elaboración de conocimiento científico escolar, sea posible ayudar a los estudiantes para que apropien conocimientos científicos mediante el diseño y desarrollo de estrategias que favorecen la investigación y no mediante la simple repetición mecánica y técnica de ejercicios de aplicación de conocimientos científicos. Como se ha destacado a lo largo del programa, favorecer procesos de reconstrucción de conocimientos científicos en los estudiantes, requiere de parte del profesor, aprender conocimientos didácticos que le permitan saber orientar en la práctica las actividades de investigación en los estudiantes, aprender conocimientos metadisciplinares de las ciencias (como soporte al

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

conocimiento científico que ha de saber el profesor), especialmente en lo relacionado con la epistemología y con la historia de la disciplina que enseña, todo en la perspectiva de superar posturas inductivistas y positivistas que favorecen la enseñanza de las ciencias por la vía de la transmisión verbal de conocimientos elaborados y/o por la vía del descubrimiento autónomo. Tal y como los profesores han podido concluir, el aprendizaje de las ciencias, independientemente que tome como referencia conocimientos elaborados por los científicos en el pasado lejano o reciente, lo importante es resaltar la idea que la expectativa de un aprendizaje auténticamente reconstructivo de los conocimientos científicos, tiene como vocación lograr que los estudiantes puedan, con la debida asesoría por parte del profesor, elaborar conocimientos, que aunque no nuevos para la ciencia, sí para los estudiantes. Ello requiere de principios epistemológicos que sustenten la actividad científica como una construcción social que de sentido a estrategias de enseñanza y aprendizaje de las ciencias por resolución de problemas, donde se discute la manera como habitualmente elaboramos conocimientos los seres humanos y donde se ponen en evidencia la importancia, los alcances y las limitaciones del conocimiento cotidiano para el aprendizaje de las ciencias.

Los procesos reconstructivos asociados con el aprendizaje de las ciencias, no persiguen que los estudiantes deben seguir los mismos caminos seguidos por los científicos para que puedan aprender las ciencias. Se pretende por el contrario, que los estudiantes, a partir de motivaciones intrínsecas hacia el conocimiento, hacia el aprendizaje de los conocimientos y hacia las implicaciones sociales de los conocimientos, desarrollen cambios en sus actitudes y en sus prácticas en cuanto a la manera de predisponerse para resolver problemas y en cuanto a la manera como ejecuta esquemas de acción diferentes a los cotidianos para resolver dichos problemas. Los cambios en las actitudes y en las prácticas de los estudiantes deben estar orientados por formas alternativas de concebir el mundo, es decir por conocimientos que progresivamente les resulten más explicativos. Los estudiantes, con la orientación del profesor, han de aproximarse a una metodología científica cercana a la usada por los científicos en su trabajo de investigación, donde las hipótesis fundamentadas en entramados conceptuales (teorías) y la construcción de variables juegan un papel preponderante para poder resolver problemas de interés que conduzcan a la apropiación de conocimientos científicos.

Luego de estas reflexiones, es procedente tratar con los profesores algunos de los autores más representativos en la investigación contemporánea sobre las ideas previas de los estudiantes, sobre sus concepciones alternativas y sobre errores conceptuales, autores que provienen no solo del campo de la educación en ciencias sino también desde la psicología y la filosofía de la ciencia, lo cual demuestra la importancia por comprender estas ideas como posibles alternativas para favorecer aprendizajes adecuados en los estudiantes. Importantes revisiones bibliográficas sobre la investigación en ideas previas han sido aportadas por Osborne y Wittrock (1983) y por Carrascosa (1985). Los preconceptos, entendidos como esquemas conceptuales alternativos (Watts, 1982; Driver y Easley, 1978) han sido interpretados como

schematas (Champagne, Gunstone y Klopfer, 1983), teoría ingenuas (Caramazza, McCloskey y Green, 1981), ciencia de los niños (Osborne, Bell y Gilbert, 1983) e ideas previas (Pozo, 1999).

Desde la perspectiva de la psicología, los trabajos de Vygotsky (1978) apoyan las tesis de las ideas previas en relación con la historia del aprendizaje, Piaget (1969) en sus explicaciones sobre el desarrollo de las operaciones lógicas propios de razonamientos pre-científicos y Ausubel (1968) quien afirma en relación con el aprendizaje significativo “si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio enunciaría este: averígüese lo que el alumno sabe y enséñeselo en consecuencia”. Desde la filosofía de la ciencia Bachelard (1938) en su teoría racionalista material, hace referencia al hecho que las personas conocemos contra conocimientos anteriores, Kuhn (1962) en sus explicaciones sobre las revoluciones científicas se refiere a los conocimientos de paradigmas previos, y Lakatos (1978) hace mención a los programas de investigación científica y en particular a los conocimientos de programas rivales o predecesores.

A.38. A partir de investigaciones en didáctica de las ciencias, convendría hacer una síntesis que permita identificar las principales características de las ideas previas. Todo ello con el ánimo de reconocerlas en extenso de cara a tenerlas en cuenta en procesos innovadores en la enseñanza de las ciencias.

Comentarios A.38. A partir de los documentos que centran la investigación en didáctica de las ciencias acerca de las ideas previas, se solicita a los profesores hacer un ejercicio de comprensión rigurosa de los mismos, con el fin de identificar las principales características de las ideas previas. Culminada esta actividad, el coordinador del programa presenta las principales conclusiones con el propósito de asegurar la comprensión significativa de la naturaleza de las ideas previas por parte de los profesores. Los siguientes son los resultados del trabajo efectuado por los profesores:

- *Las ideas previas tienen una fuerte coherencia interna, es decir parecen ser auténticos esquemas conceptuales como lo afirma Driver (1973) y Driver y Easley (1978) y no simples preconcepciones aisladas.*
- *Las ideas previas resultan ser comunes a estudiantes de diferentes medios y edades, es decir parecen corresponder a una forma de pensamiento debido a la propia naturaleza humana.*
- *Las ideas previas también presentan ciertas semejanzas con concepciones que fueron vigentes en ciertas etapas del conocimiento lo que equivale a decir que corresponden a formas de razonamiento habituales de las personas.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *Las ideas previas resultan ser persistentes, es decir no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual e incluso reiterada, lo que manifiesta el hecho mismo de que se trata de ideas producto de auténticos esquemas de pensamiento.*

Bachelard (1938) afirmaba: “me ha sorprendido siempre que los profesores de ciencias en mayor medida si cabe, no comprendan que no se comprenda, no han reflexionado sobre el hecho que el adolescente llega a la clase de química con conocimientos empíricos ya constituidos, y se trata pues de no adquirir una cultura experimental, sino mas bien de cambiar de cultura experimental, de derribar los obstáculos ya acumulados por la vida cotidiana”. Algunos apartados de la obra de Bachelard han resultado de interés para analizar desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias contemporáneas, en la medida que nos remite a la problemática misma del aprendizaje de las ciencias, haciendo necesario identificar la estructura misma de la cultura experimental con que los estudiantes llegan al aula de clase, cultura experimental fuertemente arraigada desde los conocimientos de sentido común y que son necesarios de reconstruir para alcanzar esquemas cercanos a los procesos de investigación derivados del conocimiento científico. De hecho, desde el conocimiento cotidiano, con el cual describimos el mundo, las inferencias, las hipótesis, las variables, y la observación fundamentada entre otros procesos metodológicos, no juegan un papel relevante, procedimientos que sí lo son para el conocimiento científico, interesado no tanto en describir, sino en explicar y predecir el mundo.

Considerar el cambio en la “cultura experimental” de los estudiantes, es ahora un objetivo primordial para los profesores en el programa. Lo anterior, si queremos favorecer aprendizaje significativos del conocimiento científico en los estudiantes, reflejados no solo en nuevas concepciones, conceptos, principios y teorías, coherentes con las teorías científicas, sino por la capacidad de demostrar que estas teorías las han apropiado a partir de estrategias de resolución de problemas utilizando esquemas metodológicos propios del conocimiento científico. En tal sentido, el aprendizaje de las ciencias implica la necesaria identificación de las ideas previas que los estudiantes pueden tener, tanto para lograr que reconozcan comprensivamente las diferencias necesarias entre aquellas que corresponden al pensamiento cotidiano como las que correspondan al pensamiento científico, como para que los estudiantes puedan identificar sus limitaciones en la resolución de un problema desde esquemas de acción cotidianos y puedan valorar sus progresos cuando se enfrentan al problema a partir de metodologías cercanas a las científicas.

A.39. Podemos pasar ahora a preguntarnos por qué no se superan fácilmente los errores conceptuales de los estudiantes, y principalmente a tratar de identificar críticamente las actividades que habitualmente desarrollamos los profesores y que no favorecen la diferenciación entre cosmovisiones o concepciones alternativas producto de las diferencias entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico.

Comentarios A.39. Se procura que los profesores definitivamente comprendan que la diferencias entre conocimientos incompatibles o independientes entre sí, que explican las concepciones alternativas, pueden ayudarnos a explicar la persistencia y el fortalecimiento de errores conceptuales. De otra parte, se pretende que los profesores, a partir de las ideas docentes de sentido común elaboradas durante el programa y contrastadas con la investigación didáctica en formación de profesores, identifiquen algunos aspectos relevantes de las metodologías cotidianas de la práctica docente que no favorecen explícitamente el desarrollo de las ideas previas lo que puede conducir a la persistencia de errores conceptuales.

Los profesores llegan al nivel de sugerir que es un reto tratar de superar viejos problemas en la educación científica, cuando encontramos que los estudiantes, a pesar de sus diferentes niveles de escolarización, mantienen y persisten en errores conceptuales. Por ello se hace necesario explorar en torno a una educación científica que procura no solo mostrar los alcances, los éxitos y los logros del conocimiento científico, sino que procura favorecer motivaciones intrínsecas en los estudiantes (construidas concientemente) para valorar en positivo y en negativo, los alcances del conocimiento científico, para reconocer las diferencias entre conocimientos científicos y como conocimientos pseudo - científicos y para dar la importancia que merece el papel de otra formas de conocimiento como ayudas para el desarrollo del conocimiento científico (como es el caso de los conocimientos de sentido común). Esto quiere decir que en auténticos procesos de alfabetización científica, el objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias no queda reducido a que los estudiantes aprendan conocimientos científicos (así sea por la vía de modelos contemporáneos de enseñanza), sino principalmente a que valoren estos conocimientos científicos como fruto de la actividad humana reflexiva, donde se aprecie el rigor y la procura de la búsqueda de la precisión en el trabajo científico, donde se valore la sensibilidad de las personas para poner en orden los conocimientos necesarios para resolver problemas científicos, donde se favorecen actitudes críticas ante los problemas que plantea el desarrollo del conocimiento donde usando técnicas propias de la ciencia, se resuelvan en la práctica problemas de interés científico a partir del diseño de estrategias interesantes puestas en marcha para la resolución del problema.

Estas ideas elaboradas por los profesores resultan ser muy interesantes ya que encuentran otro criterio que podría diferenciar una enseñanza habitual de las ciencias de una enseñanza innovadora de las ciencias. Habitualmente, suponemos que aprender conocimientos científicos implica el rechazo de cualquier otra forma de conocimiento, particularmente respecto a los conocimientos cotidianos que los hemos supuesto en sí mismos como los errores conceptuales. Esta tesis, ampliamente discutida en el equipo de profesores, lleva a una postura que ha de ser parte, según ellos, de los cambios didácticos que ha de elaborar un profesor para aproximarse a una enseñanza alternativa de las ciencias: los conocimientos del sentido

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

común o los conocimientos cotidianos no son los errores conceptuales, mas bien estos son el producto de la explicación de un problema, un hecho, un dato, etc. usando un conocimiento tergiversadamente, esto es, usando un conocimiento pero desde lógicas de razonamiento contraria a dicho conocimiento. Cabe esperar que en el desarrollo de la ciencia, haya sucedido lo mismo cuando se ha intentado dar explicaciones a hechos o a problemas carentes de una consolidación teórica lo cual ha conducido a errores en la interpretación del hecho o del problema. Los profesores insisten, tomando casos de la historia de la ciencia, que más bien han sido estos “errores” o “tergiversaciones”, los que han favorecido la consolidación de teorías científicas (desarrolladas conceptual y experimentalmente), desde las cuales se han hecho las aclaraciones necesarias para salir a paso de los obstáculos identificados productos de interpretaciones incoherentes y faltas de organización teórica – conceptual. En el mismo sentido, identificar errores conceptuales en los estudiantes, no ha de ser motivo de reprobación en la evaluación, sino fuente de identificación de conocimientos que permita las diferenciaciones necesarias que superen la tergiversación (el error) y favorezcan la comprensión conciente de los estudiantes (su aprendizaje significativo).

En medio de este proceso de aprendizaje significativo de las ciencias, los profesores insisten que debe resaltarse con los estudiantes el valor de la reflexión permanente sobre un problema, el valor del intento por resolverlo de manera argumentada y de manera razonada, de tal forma que se respeten otras forma de conocimiento como el conocimiento cotidiano; se valore su importancia y en si mismo se reconozca que en buena medida, el conocimiento científico no es otra cosa que el producto de desarrollos argumentados sobre las contradicciones que se generan con el conocimiento cotidiano. Los estudiantes han de valorar que si no fuera por esas contradicciones, difícilmente podríamos explicar muchos de los desarrollos que hoy en día tenemos gracias a la emergencia del conocimiento científico.

Esta revalorización de formas alternativas de conocimiento, hace del conocimiento científico una actividad mucho mas humana y racional, más respetuosa e inserta socialmente. En cuanto a las razones expresadas por los profesores para explicar por qué la enseñanza tradicional de las ciencias, no favorece la diferenciación entre diferentes conocimientos y al mismo tiempo no contribuye a la revalorización de esas diferencias, el equipo de profesores sugiere los siguientes elementos:

- La simple transmisión de conocimientos no favorece la explicitación y diferenciación entre diferentes “categorías de conocimientos” y en consecuencia propician la consolidación de errores conceptuales.
- La enseñanza de las ciencias basada en la transmisión de conocimientos acabados, no favorece tareas en forma de estrategias para solucionar problemas. Se queda apenas en tareas en forma de técnicas para solucionar ejercicios mecánicos y ello consolida el

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

almacenamiento de información que no ayuda a evitar errores conceptuales en los cuales los estudiantes pueden incurrir.

- *La enseñanza habitual de las ciencias no se preocupa por identificar las ideas previas de los estudiantes antes de dar inicio a un contenido. Con ello el profesor no puede saber cuáles ideas de los estudiantes podrían ser obstáculos para que se consoliden errores conceptuales.*
- *La enseñanza habitual de las ciencias no favorece en los estudiantes una reflexión sobre el papel de la ciencia en la sociedad y sobre la forma como se aprende el conocimiento científico. Por ello se mitifica en extremo el conocimiento científico haciendo creer a los estudiantes que se trata de un conocimiento perfecto, que se elabora sin trabas, que por tanto, todo lo que debe hacer quien lo aprende es conocerlo tal cual es. Todo esto favorece que las ideas científicas expresadas por el profesor o presentadas en los libros de texto se superpongan a las ideas cotidianas de los estudiantes y favorezcan la creación de errores conceptuales.*

Comentario adicional 19 debido a la dinámica del Programa. Apoyados en el trabajo de Carrascosa (1985) y Gené y Gil (1987), en relación con las ideas previas, los profesores pueden destacar además los siguientes aspectos:

- *Habitualmente en los currículos, en los libros de texto y en las secuencias de aprendizaje, no se incluyen actividades que permitan poner de manifiesto, de manera directa o de manera indirecta, las posibles concepciones alternativas de los alumnos acerca de los temas estudiados, es decir, en un modelo tradicional del conocimiento científico entramos de inmediato en materia, se procura pensar que simplemente la enseñanza de las ciencias se basa en presentar el nombre de un capítulo y desarrollarlo de una vez desde sus algoritmos científicos, sin considerar tratamientos cualitativos de problemas y mucho menos, sin considerar los problemas que a lo largo de la historia de la ciencia originaron los contenidos que se van a tratar (se muestran como si siempre hubieran existido y hubieran sido vigentes).*
- *Los estudiantes no tienen oportunidad de reflexionar sobre las perspectivas cotidianas en relación con un determinado problema, y mucho menos sobre los distanciamientos que pueden tener estas orientaciones respecto a otras de mayor nivel de desarrollo.*
- *No se incluyen actividades, ni hay momentos en el aprendizaje que lleven a analizar críticamente lo que dice el sentido común y la experiencia cotidiana respecto a una situación objeto de estudio, ello hace suponer que el conocimiento cotidiano es como un “conocimiento prohibido” en clases de ciencias y por tanto, favorece que los estudiantes sientan temor por preguntar cosas que aparentemente son obvias precisamente porque no son cotidianas. Así las cosas,*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

no queda más remedio que memorizar una información o una técnica para devolverla al profesor.

- *No se incluyen observaciones que llamen la atención sobre las ideas que históricamente han supuesto una barrera a la construcción de conocimientos, en un dominio científico considerado, es decir casi nunca se presentan los problemas que en un momento fueron vigentes.*
- *No se presentan entonces los problemas relevantes que contribuyeron al desarrollo de los contenidos que se tratan en las clases de ciencias. Así, los temas se presentan como si nunca hubieran sido problemas en cuyo caso deben aprenderse porque son soluciones universales que han estado siempre presentes en la comunidad científica.*

Con estas ideas, se logra comprender claramente una razón importante para que los errores conceptuales continúen emergiendo y ante todo, éstos no sean superados: una enseñanza de las ciencias caracterizada por el excesivo énfasis en la transmisión de conocimientos acabados o en el descubrimiento inductivo por parte de los alumnos. En general, una enseñanza donde el profesor presenta la temática (verbalmente o a través de una guía que ha de seguir el estudiante), explica los contenidos o la guía a seguir, concluye los contenidos con aplicación de ejercicios de lápiz y papel, se evalúa lo que los estudiantes han asimilado o descubierto por sí mismos y con ello prácticamente dar por terminado un capítulo y se inicia uno nuevo.

Desde estos esquemas de enseñanza, tal y como lo han podido concluir los profesores adscritos al programa, y como lo ha demostrado la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias, es muy posible que los estudiantes caigan y se mantengan en errores conceptuales que pueden generar en los profesores la sensación que los estudiantes no han aprendido, argumentando su causa desde concepciones docentes próximas a una enseñanza del sentido común, a la incapacidad cognitiva y el desinterés por parte de los estudiantes. Mientras la enseñanza de las ciencias no favorezca la explicitación y la contrastación de concepciones alternativas en los estudiantes, de modo que no identifique las ideas previas como punto de partida y promueva su modificación, la problemática de los errores conceptuales seguirá siendo un problema sin superar.

Como afirma Bachelard (1938), se olvida en definitiva que las ciencias físicas y químicas en su desarrollo contemporáneo, pueden caracterizarse epistemológicamente como dominios de pensamiento que rompen con conocimientos vulgares. El equipo de profesores resalta la importancia que tiene el desarrollo de ideas previas como una manera metodológica eficaz para tratar de evitar al máximo, o en mayor medida, la persistencia de errores conceptuales. Por otro lado, resalta la importancia de la identificación de ideas previas para poder revalorizar otras formas de conocimiento que también poseen una coherencia interna en el intento de encontrar explicaciones sobre ciertos fenómenos, pero también para encontrar la valía que

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

tiene el propio conocimiento científico como alternativa para que gradualmente, a medida que se desarrolla, se pueda llegar mucho más lejos al momento de explicar y solucionar problemas (desde el conocimiento científico los estudiantes podrían valorar, que a pesar de encontrarse soluciones adecuadas a problemas, la solución siempre implica la apertura a nuevos problemas lo que le imprime un carácter dinámico). En sí mismo resulta ser de gran interés dentro del marco de este programa de formación de profesores, el cambio en la creencia de los profesores participantes, que el conocimiento cotidiano es sinónimo de errores conceptuales; el aprendizaje de las ciencias implica precisamente un diálogo permanente entre formas diferentes de conocimientos, ideas, creencias y prácticas que para ser tratadas requieren enfrentarse a situaciones que permitan vivenciar en los estudiantes sus diferencias en la manera como se aborda la situación, desde qué cuerpos teóricos se trata la situación y cómo se validan los resultados obtenidos.

Volviendo a las tesis de Bachelard (1938), la educación científica debiera ser más una educación que procura no enseñar nuevas culturas experimentales, sino que trata de “cambiar” de cultura experimental. Una transformación implica partir de unos conocimientos y unas prácticas, así como considerar unos conocimientos y unas prácticas deseables de referencia que nos permitan valorar el cambio en las personas debido a procesos educativos. Ello ha de favorecer que tanto estudiantes como profesores, comprendan los alcances, las expectativas y los productos que queremos obtener en el marco de una educación científica, en el sentido no solo del favorecimiento del aprendizaje significativo de conceptos, sino en la transformación de las actitudes de los estudiantes hacia el conocimiento científico, hacia el aprendizaje de las ciencias y hacia sus implicaciones sociales, y en la manera como se resuelven en la práctica los problemas cuando éstos se tratan desde perspectivas científicas.

En general, siguiendo el hilo conductor que ha tenido el desarrollo de este programa de formación de profesores, se ha procurado ir demarcando un camino que da sentido al currículo de dicho programa, de forma que ha ido permitiendo remarcar precisiones sobre las orientaciones necesarias que requieren los profesores de química participantes, encargados de la educación de futuros profesores de química, favoreciendo su comprensión teórica para tratar diversos aspectos de la enseñanza de las ciencias, y para fundamentar desde los conocimientos desarrollados la práctica profesional docente, tratando de procurar que la discusión sobre dicha práctica profesional, les permita pasar de paradigmas habituales sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, basados fundamentalmente en la transmisión de conocimientos elaborados, hasta nuevos paradigmas apoyados en bases constructivas para comprender el aprendizaje humano y la elaboración de conocimientos. La expectativa del programa sigue siendo cómo favorecer en los profesores un aprendizaje comprensivo de los resultados alcanzados por la investigación contemporánea en didácticas de las ciencias, y cómo incorporar esos resultados en las estructuras cognitivas de los profesores para que en la práctica, se vivencien y se hagan explícitas las nuevas consideraciones, didácticas,

epistemológicas, históricas y científicas en relación con los conocimientos científicos y con su enseñanza.

Ello justifica la inclusión dentro de este programa de formación de profesores de ciencias, el conocimiento de los resultados de una de las líneas de investigación más fructíferas y fecundas que se han venido desarrollando los últimos veinte años en el campo de la didáctica de las ciencias, como lo es el estudio de los errores conceptuales y la persistencia de los mismos (Osborne y Wittrock, 1983; Mc Dermott, 1984; Furió, Hernández y Harris, 1987; Wandersee, Mintzes y Novak, 1994).

Desde la década de los años setenta, se ha venido criticando fuertemente la hipótesis asociacionista del modo de aprender que tenemos los seres humanos, en el sentido que se ha puesto en cuestión la hipótesis según la cual, se considera que la mente de los estudiantes funciona como una especie de tabula rasa, donde se sedimenta el discurso del profesor y en donde se da por descontado que el estudiante carece de ideas sobre la temática transmitida, de forma tal que una vez efectuada la transmisión de los conocimientos, éstos quedan grabados e impresionados en la mente de los estudiantes. Desde la psicología cognitiva y principalmente desde autores tan influyentes en la educación científica (Ausubel, 1968 y 1978), se ha sugerido: “Si yo tuviera que resumir en un solo principio la teoría cognitiva, se podría afirmar lo siguiente: “averíguese lo que el estudiante ya sabe y enséñesele en consecuencia”. Desde entonces, la hipótesis asociacionista ha empezado a perder vigencia empezando a ser fuertemente criticada en la perspectiva de buscar otras alternativas psicológicas tales como el aprendizaje significativo, en contraposición con los aprendizajes memorísticos muy frecuentes en la educación científica. Desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia hemos ya citado a Bachelard (1938 y 1968), quien menciona que educar no significa aprender una cultura experimental, sino cambiar de cultura experimental, lo que también supone dar por descontado, que el estado inicial de la cultura de un alumno puede constituir serios obstáculos epistemológicos a la hora de efectuar la integración mental de sus conocimientos previos con nuevos conocimientos. También desde la perspectiva de la psicología y el papel del lenguaje, encontramos autores como Vygotsky (1978) o Piaget (1969), en los cuales advierten existencias de prehistorias del sujeto en toda forma de aprendizaje y que han de considerarse al momento de acometer la enseñanza de las ciencias.

Estas investigaciones y reflexiones, como indica Furió (2001), han conducido a un replanteamiento del aprendizaje entendido como cambios conceptuales. Todo ello ha conducido a la reconsideración de nuevos modelos de enseñanza, especialmente dirigidos a la reconstrucción de conocimientos por la vía de la investigación como forma de favorecer el aprendizaje de la ciencia, basados en las ideas del cambio conceptual. El aprendizaje ha pasado a comprenderse no como modificaciones en las conductas de las personas debido a influencias externas (conocimiento informado, experiencias autónomas de descubrimiento, etc.)

que corresponden a una “paradigma externalista del aprendizaje”, para pasar a ser considerado como un proceso de transformación cognitiva y conciente de las personas (entre ellas de los alumnos), y que consiste en pasar de un estado inicial con todo y sus esquemas conceptuales e ideas previas, a estados finales que impliquen el desarrollo de cuerpos coherentes de conocimientos, próximos a los modelos teóricos definidos por la física y la química, que sería como el equivalente al cambio de paradigmas clásicos sobre teorías físicas y químicas, hasta teorías con mayor nivel de desarrollo tal y como los que se contemplan en estos ámbitos del conocimiento científico contemporáneo (“paradigma internalista del aprendizaje”).

El principal éxito sobre la investigación de los esquemas conceptuales, no ha sido propiamente la detección de aquellos esquemas sino la modificación de los mismas como respuesta a la pregunta del por qué no aprenden ciencias los estudiantes. Sobre ello se pueden evidenciar respuestas en la mayor parte de ellas convergentes sobre la necesidad de elaborar nuevos modelos de enseñanza (Furió, 2001) catalogadas dentro de un ámbito genérico como es el del constructivismo educativo. Desde esta corriente han surgido reflexiones sobre nuevas concepciones de la enseñanza de la ciencia que han procurado evidenciar en la práctica procesos de cambio didáctico en los profesores, de tal forma que podamos encontrar, a través de estos cambios, las claves sobre cómo pasar de enseñanzas de las ciencias muy centradas en modelos habituales apoyadas en concepciones epistemológicas hoy superadas y en concepciones psicológicas de carácter asociacionista también hoy superadas, hacia nuevos modelos de enseñanza apoyados en concepciones psicológicas, epistemológicas e históricas novedosas sobre la comprensión humana y sobre el conocimiento científico. En esta perspectiva encontramos diversos autores que presentan reflexiones y evidencias de investigación muy semejantes en cuanto al significado del acto de aprender ciencias desde perspectivas constructivistas (Nusbaum y Novick, 1980; Driver, 1986 y 1988; Hodson, 1988; Pozo, 1996), propuestas de modelos de aprendizaje generativo de Osborne Y Wittrock (1983 y 1985), propuestas de aprendizaje como cambios conceptuales (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982).

Resnick (1983) hace una síntesis de lo que podrían ser las tesis constructivistas en educación, indicando los siguientes aspectos:

- Lo que hay en el cerebro de quien va a aprender tiene importancia,
- Encontrar sentido supone establecer relaciones,
- Los conocimientos que pueden conservarse permanentemente en la enseñanza, no son hechos aislados, sino aquellos conocimientos que resultan ser muy estructurados y que se interrelacionan de múltiple formas,
- Quien aprende construye activamente significados,
- Los estudiantes son responsables de sus propios aprendizajes.

Gil (1981) y Osborne y Wittrock (1983), ubican los modelos de “aprendizaje generativo” dentro de una tradición constructivista, expresándose explícitamente la influencia de Piaget con una referencia particular a las ideas de los constructos personales de Kelly, (Pope y Gilbert, 1983) basados en la similitud del pensamiento cotidiano desde la perspectiva de los procesos de elaboración de una teoría científica. Para Osborne y Wittrock (1983) esa similitud se apoya gracias en los trabajos desde la perspectiva epistemológica sugeridos por Kuhn (1962), Lakatos (1978), Popper (1962) y Feyerabend (1975), quienes han demostrado la importancia de las ideas existentes sobre las investigaciones que se realizan. Volvemos aquí de nuevo a insistir que los estudios sobre las ideas previas, no solamente han conducido a demarcar las diferencias esenciales entre ideas examinadas desde conocimientos cotidianos en relación con el conocimiento científico, sino también para comprender el desarrollo del conocimiento científico; en términos de Kuhn (1962), para evidenciar cambios paradigmáticos relevantes.

Trabajos como los de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), fundamentan un cierto paralelismo entre el desarrollo conceptual de una persona respecto a la evolución histórica del conocimiento científico, en consecuencia, el aprendizaje significativo de las ciencias comprende una actividad racional equivalente a la cambios en la ciencia producto de la investigación científica (cambios paradigmáticos). Dichos cambios en los paradigmas, en las personas son cambios conceptuales. A partir de los trabajos de Toulmin (1972) sobre filosofía de la ciencia, Posner et al (1982), identifican cuatro condiciones fundamentales para que los cambios conceptuales en las personas puedan producirse:

- Es necesario que se produzca insatisfacción en los procesos existentes,*
- Que exista una concepción cuando menos inteligible,*
- Que la nueva concepción pueda ser plausible, aunque contradiga las ideas previas de los alumnos,*
- Y que sea potencialmente fructífera, dando explicación a las anomalías encontradas y abriendo nuevas áreas de investigación.*

Gil et al (1991) llegan a conclusiones que avalan la hipótesis del isomorfismo entre la necesidad de cambios en los procedimientos de los niños y los jóvenes, en relación con la evolución histórica de la actividad científica a lo largo de la historia de la humanidad. Gil (1983) cita que se dibuja con toda claridad un paralelismo entre los paradigmas teóricos y su desarrollo, incluidos los periodos de crisis o cambios de paradigmas, y los esquemas conceptuales de los alumnos y sus desarrollos, lo que supone un primer e importante apoyo al paradigma didáctico constructivista. Así pues la línea de trabajo centrada en el estudio de las ideas previas de los alumnos y especialmente de las ideas provenientes del sentido común, ha mostrado ser extraordinariamente fecunda, lo que ha conducido a centrar la atención de los errores conceptuales a la elaboración de nuevos modelos de aprendizaje, concebidos como

cambios conceptuales, los cuales presentan características similares con el desarrollo paradigmático de los conocimientos científicos.

A.40. Estas semejanzas fijan relaciones entre los problemas aquí abordados con otros procesos claves que hemos abordado a lo largo de este programa en relación con los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, en este caso, relacionados con la naturaleza del trabajo científico y con la familiarización de los alumnos con sus características más relevantes; sin embargo la idea misma del cambio conceptual sugiere cierta remodelación, de manera que se consideren simultáneamente cambios de orden metodológico y de orden actitudinal, que deben a la luz de las investigaciones más acordes con los resultados de la investigación didáctica en educación científica, acompañar todo proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Apoyados en lo tratado hasta ahora, elaboremos algunas ideas en relación con esta relación indisoluble entre cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales.

Comentarios A.40. Los paralelismos entre los productos de la actividad científica y los productos del aprendizaje de las ciencias, considerados como cambios paradigmáticos en el conocimiento científico (cambios en las concepciones de los estudiantes), han resultado muy fructíferos para la investigación en educación en ciencias desde la década de los años 80's, y han dado pie para un desarrollo profuso a nuevas maneras de comprender el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias; ello ha derivado en el desarrollo de líneas de investigación sobre diferentes tópicos del aprendizaje de las ciencias y en el caso particular desde el punto de vista de los profesores, en líneas de investigación sobre formación de profesores en el marco de paradigmas de un constructivismo educativo.

Se pone aquí de manifiesto la posibilidad de reconocer explícitamente la existencia de errores conceptuales, todo ello con el ánimo de lograr que los profesores interioricen concientemente la importancia de considerar las ideas previas en estrategias de enseñanza de las ciencias por investigación orientada. En tal sentido, se revisan con detalle productos de investigación en este campo (Furió y Ortiz, 1983; Carrascosa, Furió y Gil, 1985; Carbonell y Furió, 1987; Azcona y Furió, 1998; Carrascosa, 1985; Gómez Crespo, 1996; Furió, 1986 y 1996).

Finalizada la etapa de estudio de estas investigaciones, se da a conocer a los profesores los resultados de una pequeña indagación sobre ideas previas que se hizo con estudiantes de Licenciatura en Química (probablemente, muchos de ellos son estudiantes de los profesores del programa). Se trata de un ejercicio de lápiz y papel dirigido a identificar ideas de los estudiantes sobre el manejo de relaciones estequiométricas. El ejercicio se aplicó a una

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

muestra de 75 estudiantes de primer año de carrera del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital. El ejercicio es el siguiente:

Se calientan 2 gramos de azufre en polvo y 4 gramos de cobre y se obtiene una nueva sustancia: el sulfuro de cobre y después de la reacción no queda nada de las sustancias de partida; si luego se calientan 4 gramos de azufre y 6 gramos de cobre, ¿qué pasará? La respuesta tiene las siguientes opciones, para que los estudiantes la marquen y si es posible den una explicación a su respuesta:

- A. Se forman 10 gramos de sulfuro de cobre y no quedará azufre ni cobre.
- B. Se forman 9 gramos de sulfuro de cobre y queda 1 gramos de azufre.
- C. Se forman 8 gramos de sulfuro de cobre y quedan 2 gramos de cobre.
- D. Se forman 6 gramos de sulfuro de cobre y quedan 2 gramos de azufre y 2 gramos de cobre.
- E. No se la respuesta.

Los resultados muestran que apenas el 24% de las respuestas son las correctas. Ante esta evidencia, viene ahora la fase de discusión con los profesores participantes en el programa en el intento de buscar explicaciones al respecto.

En tal sentido se propone a los profesores, indicar a manera de hipótesis, cuales podrían ser las causas fundamentales que explican el origen y la persistencia de los errores conceptuales en el aprendizaje de las ciencias. Este debate ampliamente ya discutido en investigaciones procedentes en el campo de la didáctica de las ciencias, nos conduce a retomar con los profesores discusiones en torno a la existencia de las concepciones alternativas que por sí solas no pueden justificar los resultados negativos que se tienen en la enseñanza. El avance que se ha obtenido desde los aportes de la psicología cognitiva y de la epistemología del conocimiento científico, conducen a destacar, como se ha mencionado con el equipo de profesores, ideas que explican las concepciones alternativas como grandes paradigmas para explicar fenómenos e intentar resolver problemas. Se comprende que si tenemos en cuenta la historia de las ciencias, podríamos reconocer fácilmente que los conocimientos científicos no han sido construcciones que han partido de cero y que en general, toda construcción científica ha tenido que enfrentarse con concepciones previas de ciertas coherencia, concepciones que pueden catalogarse como pre-científicas en la medida que no hacen parte de la lógica de funcionamiento y operación de las teorías científicas. En este sentido, la existencia de concepciones alternativas se encuentra muchas veces ligada a concepciones alternativas de naturaleza pre-científica que si no son modificadas conscientemente por quien aprende, puede no generar correctos aprendizajes de las ciencias.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

La enseñanza habitual ignora aquello que los alumnos ya conocen sobre la base que basta con transmitir conocimientos científicos en la manera más clara y ordenada posible para que por sí mismos los estudiantes los puedan comprender más fácilmente. También se ha hecho análisis de diferentes errores conceptuales que se contienen en los mismos textos, y se ha revisado en detalle el trabajo de tesis doctoral elaborado por Carrascosa (1987) donde muestra evidencias de errores conceptuales que son introducidos por los propios libros de texto. Vale la pena destacar, que algunos resultados de investigación en didáctica de las ciencias, han encontrado que en la mayoría de los casos, en los libros de texto y en las unidades preparadas por los profesores, se favorece una imagen aproblemática del conocimiento científico en el sentido que los diferentes temáticas tratadas no se presentan como el resultado de problemas que en su momento se han presentado a lo largo del desarrollo del conocimiento científico, sino que por el contrario aparecieron como si siempre hubiesen existido o que si su origen no hubiera significado ningún tipo de situación problemática para el conocimiento científico. En consecuencia, como lo han tratado investigadores como Otero (1985), la ciencia habitualmente se presenta a los estudiantes sin detenerse en los conflictos de ideas y en el tratamiento de los problemas que representan los diferentes contenidos conceptuales del conocimiento científico. Así pues no solo se genera en los alumnos la imagen de que su mente funciona como una tabula rasa, que puede ser llenada fácilmente a través de la transmisión de conocimientos perfectamente ordenados y logrados con explicaciones casi siempre de manera verbal, con el desarrollo de prácticas de laboratorio perfectamente predefinidas a través de guías que describen los pasos a seguir, sino que además trivializa el cambio en las ideas a medida que se ha evidenciado el desarrollo del conocimiento científico.

Todo ello refuerza el imaginario en los estudiantes que las ideas científicas se presentan como una expresión del sentido común, es decir, apreciar el conocimiento científico como un aspecto más de la vida cotidiana de las personas. Se desconoce, basándonos en Bachelard (1938), que las ciencias físicas y químicas en su desarrollo contemporáneo pueden caracterizarse epistemológicamente como dominios del pensamiento que rompen netamente con los conocimientos vulgares. En tal sentido es fácil suponer tanto para alumnos como para profesores de ciencias desde una perspectiva ingenua de lo que es en sí mismo el desarrollo del conocimiento científico, que la ciencia no es un proceso sistemático que conduce a la elaboración paulatina de nuevos marcos conceptuales de referencia y que por tanto no es necesario que los estudiantes piensen que podrían elaborar nuevas ideas (especialmente como es el caso de la presente investigación, estudiantes que se forman como futuros profesores de química), ya que solamente tienen validez los conocimientos elaborados por las comunidades especializadas y transferidos por el profesor desde esas comunidades hasta los estudiantes a través de la transmisión verbal o de actividades de descubrimiento autónomo.

La discusión fructífera que adelantan los profesores sobre estos aspectos cruciales desde la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias, en particular, lo relacionado con

propósitos de aprendizaje entendidos como cambio conceptual, conduce fácilmente a preguntarse por la validez al referirnos también a cambios actitudinales y a cambios procedimentales. De hecho, teniendo en cuenta las nuevas concepciones elaboradas en torno a la epistemología y a la historia de la ciencia, a las concepciones de la enseñanza de las ciencias como investigación orientada y en ella, al papel que juegan los trabajos prácticos de laboratorio y los ejercicios de lápiz y papel como actividades de investigación en el aula de cara a resolver problemas de interés, conduce a la consolidación de ideas respecto a la necesaria relación entre la componente conceptual, actitudinal y procedimental de los conocimientos científicos.

A.41. De acuerdo con las concepciones de ciencia y de actividad científica elaboradas en este programa, adelanta una discusión en torno a las relaciones existentes entre lo que el equipo ha denominado “componentes del conocimiento científico”.

Comentarios A.41. Se espera que los profesores puedan hacer una síntesis integradora entre los aspectos conceptuales, actitudinales y procedimentales de los conocimientos científicos a partir de sus nuevas concepciones epistemológicas sobre la ciencia y de las nuevas concepciones en didáctica de las ciencias hasta aquí construidas, para comprender la relación entre aprendizaje significativo y cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales. Así mismo, para favorecer a futuro durante el desarrollo de este programa, de algunas ideas de mayor profundidad acerca de las actitudes y de los procedimientos en la ciencia y en la enseñanza – aprendizaje de la ciencia.

Se citan a continuación algunas de las ideas más relevantes expresadas por los profesores en esta actividad: la componente conceptual del conocimiento científico está formada por los conceptos y los entramados conceptuales que dan lugar a las teorías científicas. Desde las teorías interactuamos con el mundo para, no solo describirlo, sino para explicarlo y predecirlo. Así, las teorías son “anteojos conceptuales” desde los cuales “observamos” la realidad. Cuando una persona se enfrenta ante un problema a resolver desde la ciencia, activa la o las teorías necesarias para resolver dicho problema (cosa que se hace en la práctica). Para ello, la persona desarrolla un conjunto de ideas y creencias sobre cómo considera que se debe resolver el problema, siguiendo para ello las normas aceptadas y validadas por la comunidad científica. A partir de esa normas, la persona toma decisiones las cuales se evidencian en las conductas a seguir para resolver el problema (qué estrategia resulta más conveniente para buscar una solución al problema, qué técnicas utiliza para obtener datos, cómo analizarlos y a partir de qué variables, qué hipótesis quiere poner a prueba, etc.). Finalmente, pone en acción un conjunto de esquemas, derivados de las técnicas y de las estrategias definidas, y con ello hace cosas prácticas para solucionar el problema.

En síntesis, los profesores consideran que la triada entre lo cognoscitivo (componente conceptual de los conocimientos científicos), lo cognitivo (componente actitudinal de los conocimientos científicos) y lo procedimental (componente metodológica de los conocimientos científicos), conforman lo que una persona debe, respectivamente, saber (saber qué), saber hacer (saber para qué) y hacer (saber cómo) y esta relación define si una persona es competente o no para resolver un problema desde la ciencias o desde el aprendizaje de las ciencias. Esta última idea, favorece un debate fructífero en los profesores, pues a la luz de las nuevas tendencias sobre formación por competencias, parece quedar claro que la enseñanza tradicional no es precisamente el mejor esquema para favorecer estas nuevas expectativas en la educación básica y especializada de las personas.

EL DESARROLLO DE LAS CONCEPCIONES EN TORNO AL CAMBIO CONCEPTUAL PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE CONCEPTOS CIENTÍFICOS

A.42. Con los avances logrados hasta el momento, hemos podido ir comprendiendo que en cuanto a la enseñanza de las ciencias, hay diversos enfoques, unos muy próximos a nuestra práctica docente habitual, y otros más novedosos, poco desarrollados hasta el momento por la gran mayoría de los profesores de ciencias. Desde cada uno de estos enfoques, se vislumbran, a manera de hipótesis, las características de cómo ha de ser la enseñanza de conceptos científicos. Hemos venido desarrollando en el presente reciente de este programa las tesis sobre una concepción contemporánea sobre el aprendizaje de conceptos científicos: la teoría del cambio conceptual. Conviene ahora, que apoyados en experiencias de investigación en Didáctica de las Ciencias, se elabore por parte de los profesores, un panorama histórico en relación con esta teoría de la enseñanza de las ciencias. Ello es importante para comprender, que al igual que en la ciencia, las nuevas concepciones no han surgido de forma aleatoria sino lo han hecho como respuesta a problemáticas no resueltas por teorías pre-existentes. De otra parte, para elaborar una mirada global en torno al desarrollo histórico de la didáctica de las ciencias como alternativa para explicar el desarrollo de los diferentes esquemas de enseñanza y fundamentalmente, para concluir en torno a la consideración de la didáctica de las ciencias como cuerpo teórico de conocimientos.

Comentarios A.42. Los profesores destacan que el desarrollo de los modelos de enseñanza (tanto alternativos como habituales), se ha debido, en parte, a la necesidad de solucionar problemas relevantes para la enseñanza de las ciencias, tales como los que hemos

considerado recientemente en torno a las ideas previas y a los errores conceptuales. Estas problemáticas, fundamentadas en estudios sobre filosofía e historia de la ciencia, han hecho que hoy sea posible desplazar prejuicios en torno a los errores conceptuales para pasar a considerar su persistencia desde el punto de vista de las concepciones alternativas. De otra parte, el estudio del desarrollo del conocimiento científico, ha dado lugar a propuestas que básicamente coinciden en considerar que el aprendizaje de las ciencias debe entenderse como un proceso de construcción a partir de conocimientos previos.

Este desarrollo permitió empezar a referirnos a la emergencia de modelos constructivistas sobre el aprendizaje de las ciencias, con argumentaciones expuestas por Novak (1982 y 1988), donde se integran investigaciones recientes sobre la didáctica de las ciencias, como las planteadas por Hewson (1981), Osborne y Wittrock (1983), Gil (1983), Resnick (1983), Hodson (1988), junto con otras investigaciones de naturaleza epistemológica (Bachelard, 1938; Kuhn, 1962), apoyados en investigaciones de corte psicológico, especialmente las adelantadas por Kelly (1955), Piaget (1969), Vygotsky (1978) y Ausubel (1978). Como se recuerda de sesiones atrás de este programa, se ha hecho un análisis a las características que sobre la Didáctica de las Ciencias refiere Resnick (1983) respecto a elementos fundantes de la investigación en enseñanza de las ciencias. Estos elementos fundantes corresponden a nuevas visiones sobre el aprendizaje, entendido como un proceso de construcción de conocimientos, y que ha conducido una línea fructífera que en los últimos años se desarrolla en el campo de la investigación en educación científica bajo la categoría de constructivismo educativo.

Los principios que cita Resnick (1983) son: a) quienes aprenden construyen activamente significados, no reproducen simplemente lo que leen o lo que se les enseña; b) comprender algo supone establecer relaciones, los fragmentos de información aislados son olvidados o resultan inaccesibles en la memoria; y c) todo aprendizaje depende de conocimientos previos. La integración de ideas renovadoras, desde la perspectiva de la educación científica, apoyadas en nuevas conclusiones derivadas de los estudios en epistemología de las ciencias y en psicología cognitiva, condujeron a lo que Novak (1998) sitúa como la idea renovadora de una educación científica que integra los nuevos aportes desde la filosofía de las ciencias y desde la psicología del aprendizaje que en suma pueden explicar el cambio conceptual. Dicho cambio, postulado por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), se fundamenta en la idea que puede existir un cierto paralelismo entre el desarrollo conceptual de un individuo y la evolución histórica de los conocimientos científicos. Desde la perspectiva de estos investigadores, el aprendizaje de las ciencias ha de ser ante todo un aprendizaje significativo, el cual constituye una actividad racional, semejante a lo que hacen (aprenden) los científicos cuando adelantan investigaciones científicas, de manera que el cambio conceptual es el resultado del aprendizaje por las actividades que desarrollan los estudiantes y es equivalente a los cambios de los paradigmas en la ciencia.

Posner, Strike, Hewson y Gertzog proponen cuatro condiciones que deberían ser necesarias para que tenga lugar el cambio conceptual: 1) Es preciso que se produzca insatisfacción con los conceptos existentes, 2) ha de existir una nueva concepción que resulte para quien aprende ser mínimamente inteligible, 3) la nueva idea debe ser plausible (posible) aunque inicialmente contradiga las ideas de los estudiantes, y 4) la nueva idea ha de ser potencialmente fructífera en el sentido que debe dar explicación a las anomalías encontradas con las ideas anteriores y permitir abrir nuevas áreas de investigación. En tal sentido las estrategias de enseñanza adoptadas de las propuestas de Posner et al (1982) sobre un aprendizaje significativo de las ciencias como cambio conceptual, implica que el profesor identifique y clasifique las ideas que ya poseen los alumnos; se resalta aquí la importancia de la consideración de las ideas previas como punto de partida, las cuales han de permitir ubicar al profesor la connotación conceptual en que se encuentran los estudiantes. Posteriormente debería empezarse una fase de conflictos cognitivos, especialmente a través de usos de contraejemplos.

Para Driver (1986), la etapa de introducción de nuevas ideas debe hacerse mediante un "braimstorming" en los alumnos, o la aceptación de las inconsistencias en las propias ideas, para luego pasar a proporcionar oportunidad para que los estudiantes puedan estar en capacidad de usar las nuevas ideas en diferentes contextos. Así pues, la idea misma de cambio conceptual, que se refleja en el trabajo de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), permite constatar como lo afirma Furió (2001), una indudable semejanza con las propuestas avanzadas por un replanteamiento en el aprendizaje de las ciencias con características similares a la propia investigación científica. De hecho, Gil, Carrascosa, Furió y Martínez – Torregrosa (1991), han concluido la posibilidad de avalar positivamente la hipótesis de un cierto isomorfismo entre el cambio en los hábitos procedimentales utilizados por los niños y los jóvenes, en relación con los cambios que se han desarrollado a lo largo del desarrollo histórico de la actividad científica. Según Gil (1983), "se dibuja así con toda claridad el paralelismo entre los paradigmas teóricos y su desarrollo, incluidos los períodos de crisis o cambio de paradigmas, con los esquemas conceptuales de los alumnos y sus desarrollos, incluidas las reestructuraciones profundas o los cambios conceptuales", lo que supone un primer e importante apoyo al paradigma didáctico que proponemos en este trabajo; de hecho con el grupo de profesores se aborda esta propuesta de formación que se ha venido discutiendo en la perspectiva de la búsqueda de paralelismos entre la naturaleza del trabajo científico y la familiarización de los alumnos con las características mas relevantes para el aprendizaje de las ciencias (y de alguna manera también para la enseñanza de las ciencias). En tal sentido, las discusiones adelantadas alrededor de los trabajos prácticos de laboratorio y la resolución de problemas, constituyen un ejemplo muy fuerte para constatar lo aquí previsto, en la medida que para que sea posible un paralelismo de esta naturaleza, es necesario considerar nuevas concepciones epistemológicas sobre el conocimiento científico, así como considerar nuevas perspectivas de la psicología educativa para comprender el papel de las ideas previas de los estudiantes.

De otra parte, entramos de nuevo a reforzar la idea misma de la importancia que tienen las implicaciones didácticas de un uso adecuado de la historia de la ciencia (Matthews, 1994 y 1998), no solo para comprender el desarrollo del conocimiento científico, sino para reconocer conscientemente los cambios que ha tenido, sus momentos de crisis y sus reestructuraciones débiles o profundas. Estos cambios podrían ilustrarse como buenas alternativas para proponer, a través de estrategias didácticas, el favorecimiento de una cierta equivalencia entre dichos cambios con los cambios conceptuales que han de sucederse en los estudiantes en el contexto de un aprendizaje significativo. Los cambios conceptuales deben aproximarlos a nuevas concepciones, enmarcadas y orientadas desde las premisas, los principios y las argumentaciones derivadas de los conocimientos científicos, en contraposición con las premisas y argumentaciones que podrían manifestar inicialmente a partir de conocimientos cotidianos. Esta coherencia progresiva entre las concepciones y los resultados de la investigación, según Martínez – Terrades (1998), son un indicador para evidenciar el desarrollo que viene consolidando progresivamente a la Didáctica de las Ciencias como un cuerpo disciplinar emergente, cuya problemática central está caracterizada por evaluar lo que tiene que ver con la investigación sobre enseñanza de las ciencias, y entendiendo la enseñanza como ayuda para los aprendizajes (Furió, 2001). Todo ello ha permitido valorar mucho mejor las concepciones constructivistas en la enseñanza del aprendizaje de las ciencias.

A juicio de los profesores del programa, el objetivo que han tenido de aproximar las actividades de aprendizaje a las de la construcción de conocimientos científicos, les ha permitido apoyar mejores comprensiones de lo que se entiende es la naturaleza de las ciencias y les ha permitido fortalecerse en una sólida fundamentación teórica. Intentos de superar problemáticas como la persistencia de los errores conceptuales, demuestran que la Didáctica de las Ciencias no es una práctica ateórica; en sí misma se ha desarrollado por la construcción de diferentes modelos teóricos sobre la enseñanza de las ciencias. Tal y como sucede con otros cuerpos de conocimiento, en la Didáctica de las Ciencias se vislumbra la capacidad de algunos modelos para resistir las modificaciones y se resalta la contribución de nuevas orientaciones en procura de dichas modificaciones. Nos compete ahora a los profesores, tratar de buscar consensos (Novak, 1988), en la medida que se haga necesario pensar en la alternativa de integrar estas propuestas, valorar sus alcances y sus limitaciones, y ante todo, tratar de ponerlos en la práctica para evaluar en ellos no solamente su impacto en el profesorado de ciencias, sino los resultados en el aprendizaje.

A.43. Indicar, a título de hipótesis, algunas ideas que podrían consolidar la Didáctica de las Ciencias como cuerpo teórico, en programas de formación de profesores.

Comentarios A.43. Conviene ahora procurar ir alcanzando grandes síntesis, en este caso en relación al deber ser de los programas de formación de profesores de ciencias. Esta actividad

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

resulta ser particularmente relevante, pues se trata de la reflexión sobre posibles innovaciones en las orientaciones curriculares para la formación de profesores, hechas por profesores universitarios de química que se encargan de la formación de futuros profesores de química a partir de nuevas concepciones en torno a una enseñanza de las ciencias más próxima a la investigación y la innovación contemporánea en Didáctica de las Ciencias. Para ello, como se ha venido haciendo, la estrategia consiste en aportar a la discusión a partir de las concepciones elaboradas y contrastar las ideas elaboradas para interiorizarlas concientemente mediante la discusión crítica sobre materiales que reportan los resultados de investigación, en este caso, sobre formación de profesores de ciencias.

A continuación se presentan las principales conclusiones de los profesores respecto al objetivo de esta actividad. Las implicaciones de los desarrollos teóricos de la Didáctica de las Ciencias, han tenido poco impacto en la práctica docente. Briscoe (1991), demuestra que si bien los profesores asisten habitualmente a cursos o participan en encuentros de perfeccionamiento docente, en procura de apropiarse de nuevas técnicas, nuevas metodologías, nuevos materiales curriculares y nuevas maneras de favorecer el aprendizaje de los alumnos, finalmente terminan replicando todas estas “innovaciones” desde modelos habituales de enseñanza, ya que, concluye su estudio, tan solo se adaptan las nuevas técnicas y materiales a sus patrones tradicionales de enseñanza. En tal sentido, desde la perspectiva de los profesores de química que adelantan este programa, se consolida la crítica fundamentada al hecho que se asume no requerirse hacer investigación para poder enseñar ciencias, pues bastaría con que el profesorado asista a cursos de actualización y perfeccionamiento docente permanentes para “estar al día” con las modas más recientes de enseñanza. Esta concepción docente habitual vienen siendo sustituidas en este programa de formación de profesores, y ello se evidencia cuando los profesores destacan ahora la importancia que ha tenido la investigación en la enseñanza de las ciencias en la perspectiva de asumir sus problemas asociados desde cuerpos de conocimientos, de manera que las innovaciones en la práctica docente no son “ateóricas” ni sumas de experiencias didácticas consolidadas a partir del ensayo y del error según sean los resultados e el aprendizaje de los estudiantes.

Los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias, al igual que los resultados de la investigación científica, deben ser incorporados por quien aprende Didáctica de las Ciencias o Ciencias, de forma que éstos se comprendan de manera conciente, racionalizando los conceptos, las teorías y sus aplicaciones, aplicando los productos de los nuevos conocimientos a diversidad de situaciones, haciendo inferencias y análisis críticos sobre sus implicaciones sociales, en general, vivenciándolos y haciéndolos suyos en tanto los aprendizajes se logran por la vía de la construcción de conocimientos. El equipo de profesores considera que aquí hay evidencia de un cambio paradigmático importante en sus concepciones de aprendizaje, los cuales habían de aplicarse no solo para el aprendizaje de las ciencias sino incluso para el aprendizaje de la didáctica de las ciencias por parte de ellos mismos. En otras palabras,

consideran que los nuevos modelos de enseñanza deben evidenciarse en la organización curricular de la formación de los futuros profesionales y de la formación inicial y permanente de los profesores. Así las cosas, los profesores consideran que los resultados de la investigación didáctica no se deben enseñar a la usanza de su transmisión, ya que la innovación contemplada en los cursos de formación podría carecer de interés o ser fácilmente incorporada a los esquemas tradicionales de la enseñanza. Si los profesores persistimos en los modelos de la enseñanza habitual, coadyuvados muchas veces por los esquemas de organización institucional que favorecen un clima para la enseñanza por transmisión verbal de conocimientos, el cambio didáctico no sería posible lograrlo. Por ello, deben hacerse los mejores esfuerzos personales e institucionales que contribuyan a transformar nuestras propias ideas sobre la enseñanza en el entendido que ésta no puede seguir siendo reducida a la transmisión de nuevas metodologías, orientadas por concepciones epistemológicas y psicológicas habituales.

Pero, como lo concluyen los profesores, si bien es necesario desarrollar motivaciones intrínsecas por parte del profesorado y se requieren motivaciones extrínsecas (provenientes del clima institucional) para favorecer cambios didácticos, ello no bastaría si los programas de formación docente continúan siguiéndose por patrones de las enseñanzas habituales. Si estos programas no afectan las carencias más internas y más intrínsecas en el profesorado, quedarán en la exposición de nuevas ideas sobre la enseñanza que serán rápidamente incorporadas a los esquemas habituales del trabajo docente. Ello, conduciría a que el profesorado se reafirme en la tesis que la enseñanza de las ciencias en sí misma no constituye un problema. Por ello, desde la didáctica de la ciencias, hacia la década de los años 90's, se ha demostrado que tratamientos puntuales inconexos en los programas de formación de profesores resultan ineficaces y que se precisan replanteamientos globales de lo que es en sí mismo el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, para integrar coherentemente teorías no solo del aprendizaje de conceptos, sino también de trabajos prácticos de laboratorio y resolución de problemas.

Hodson (1992), sugiere que hoy ya es posible construir un cuerpo de conocimientos en el que se integran coherentemente los distintos aspectos relativos a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, Gil (1993), Furió (2001) y Martínez – Terrades (1998) presentan interesantes panoramas que evidencian el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo de conocimientos que viene abordando estas situaciones como auténticos problemas y vienen aportando soluciones a los mismos. Desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias contemporánea, Furió (2001), sugiere que en la actualidad hay un consenso creciente en torno a las propuestas constructivistas, es decir, una idea en la enseñanza de las ciencia en el cual el aprendizaje significativo de los conocimientos científicos requiere de la participación de los estudiantes, de la reconstrucción de los conocimientos que habitualmente se transmiten ya elaborados, de la investigación en didáctica de las ciencias tanto en el campo de las

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

concepciones alternativas como en el de los trabajos prácticos y la resolución de problemas, pues se vienen demostrando que los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencias, cuando participan en investigaciones científicas. Ello supone, hacer énfasis en la idea de la superación del llamado descubrimiento inductivo y autónomo, pues hoy en día ya no se concibe a los estudiantes como investigadores autónomos que trabajan por sí solos para descubrir sus conocimientos. Esta metáfora presenta graves limitaciones, como se ha venido destacando en numerosas investigaciones, y no resulta útil para organizar el trabajo de los alumnos. En contraposición, Gil et al (1999) proponen la metáfora que incentiva a los estudiantes desempeñarse en clases de ciencias como investigadores noveles, que trabajando en equipos cooperativos pueden abordar situaciones problemáticas interesantes para ellos, situaciones que surgen de sus propias relaciones con el entorno, cuando interactúan con otros equipos y con el resto de la comunidad científica, la cual está representada por los profesores y los textos.

Por otro lado, otro de los consensos en la didáctica de las ciencias contemporánea, es la concepción de enseñanza como investigación orientada, donde como los profesores lo vienen insistiendo, los estudiantes abordan su trabajo de aprender ciencias como si fueran investigadores noveles y donde el profesor se desempeña como director de los grupos de investigación novel. En este modelo, los profesores debemos pasar de orientar nuestra práctica con la conjugación del verbo “dictar” para pasar a hacerlo desde la lógica del verbo “orientar”. La enseñanza como investigación orientada exige la superación de concepciones ingenuas derivadas de una epistemología docente habitual acerca de la naturaleza de las ciencias y que fundamenta una enseñanza por transmisión verbal de conocimientos elaborados y una enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo. Bell y Pearson (1992) han puesto en relieve, que si se quiere cambiar lo que los profesores y estudiantes hacemos en clases de ciencias, es preciso previamente modificar la epistemología de los profesores y salir al paso, a visiones deformadas sobre la enseñanza de las ciencias lo que implica una revisión a nuestros conocimientos epistemológicos y psicológicos; los epistemológicos para comprender la naturaleza del conocimiento científico, su desarrollo, reglas de validación y sus rupturas, y los psicológicos para comprender la naturaleza acerca de cómo las personas construimos conocimientos conceptuales acompañados de conocimientos actitudinales y procedimentales.

Los profesores reiteran sobre la investigación en torno al pensamiento docente espontáneo el cual cobra cada vez mas importancia, porque precisamente implica que no solo debemos identificar las carencias mas fuertes que se derivan de este pensamiento en relación con la enseñanza de los conceptos científicos, sino porque su conocimiento nos brinda claves para reconocer connotaciones conceptuales, metodológicas y actitudinales que dan cuenta de nuestras epistemologías de partida, de nuestras concepciones sobre el aprendizaje de las ciencias, de la evaluación, etc. Su discusión y reflexión crítica, como lo han podido vivenciar los profesores, puede conducirnos a motivarnos internamente hacia la investigación en didáctica

de las ciencias, cuyos resultados podríamos integrarlos en un todo complejo que favorezca la apropiación de nuevas cosmovisiones del profesorado de ciencias, en relación con la enseñanza de las ciencias mediante un cambio didáctico eficaz.

HACIA UN MODELO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS QUE INTEGRE EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS, LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO Y LA SOLUCIÓN DE EJERCICIOS DE LÁPIZ Y PAPEL COMO ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA.

A. 44. Teniendo en cuenta lo que hemos venido discutiendo sobre una nueva imagen de lo que deben ser las prácticas de laboratorio y de nuestras nuevas comprensiones en torno a la resolución de problemas como investigación podemos pasar a considerar las relaciones entre la enseñanza de las ciencias dirigidas al cambio conceptual y metodológico. Para ello, basados en la investigación en Didáctica de las Ciencias y a partir de nuestras ideas innovadoras, elaborar conocimientos que den cuenta de la relación conceptos – procedimientos, y en particular, nos permitan reconocer en nuestras ideas y en nuestras acciones, el binomio cambio conceptual – cambio procedimental.

Comentarios A.44. El equipo de profesores parte de las limitaciones que tendría suponer el aprendizaje de las ciencias tan solo como un cambio conceptual, precisamente por el hecho mismo que tomamos como objeto de enseñanza las ciencias experimentales. La falta de atención a las formas de razonamiento asociadas a los esquemas alternativos de los alumnos (Carrascosa y Gil, 1982; Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2000), son obstáculos para implementar modelos renovadores de enseñanza de las ciencias por cambio conceptual. La atención a las formas de razonamiento habitual, se sustenta en la existencia de una cierta semejanza entre los esquemas alternativos de los alumnos y los desarrollados en ciertos momentos históricos por otras personas (Piaget, 1970; Champagne, Gunstone y Klopfer, 1980; Mc Dermott, 1984 y 1990; Matthews, 1990 y 1994). Sin intentar establecer un paralelismo mecánico entre las concepciones alternativas de los alumnos y las concepciones pre-científicas, parece razonable suponer que dicha semejanza no pueden ser accidentales, sino más bien son el resultado de una metodología similar de abordar los conocimientos (Gil y Carrascosa, 1985).

Estos estudios se han reforzado por las investigaciones y aportes en relación a lo que se ha denominado la física del sentido común (Bachelard, 1938; Koyré, 1981) en la forma de razonamiento de los estudiantes. De hecho las investigaciones en didáctica de las ciencias han podido demostrar, aproximaciones a los problemas de una física del sentido común, ayudados

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

por lo que Carrascosa y Gil (1982), han denominado la metodología de la superficialidad. En dicha metodología, encontramos la ausencia de dudas y consideración de posibles soluciones alternativas, respuestas de carácter rápido y seguro basadas en evidencias del sentido común, no hay tratamiento de variables para discutir y éstos son más bien de carácter puntual, y no se persigue una coherencia global en el análisis de las diferentes situaciones. Las características de la metodología del sentido común o de la metodología de la superficialidad, han venido siendo caracterizadas por varios investigadores (Hewson, 1985; Champagne, Gunstone y Klopfer, 1985). Mediante la historia de la ciencia, se ha podido comprender cómo las concepciones científicas preclásicas han podido ser desplazadas debido a nuevas metodologías en el tratamiento de problemas, que combinan la creatividad del pensamiento divergente con el rigor de la contrastación de las hipótesis mediante experimentos en condiciones controladas y en búsqueda de coherencia global; así pues es preciso pensar que los cambios conceptuales de los alumnos, al igual que los grandes cambios teóricos al interior del conocimiento científico, han exigido profundos cambios metodológicos o cambios epistemológicos (Gil y Carrascosa, 1985 y 1990; Cleminson, 1990; Duschl y Gitomer, 1991) que procuran fundamentar conocimientos contra el conocimiento del pensamiento común (Astolfi, 1994).

Históricamente, el cambio conceptual y metodológico en la ciencia no ha sido fácil, en consecuencia es lógico pensar que lo mismo podría pasar con los estudiantes. Solo cuando son puestos en situación de apropiarse de nuevas metodologías que les permita construir hipótesis para solucionar problemas de interés que se destaquen en el aula de clase, los propios estudiantes estarían en capacidad de diseñar experimentos debidamente orientados por el profesor, de realizar esos experimentos y analizar crítica y cuidadosamente los resultados, buscando siempre una coherencia global. Solo así sería posible empezar a pensar que sería factible en el aula de clase superar explícitamente la metodología espontánea o la metodología del sentido común. La investigación en Didáctica de las Ciencias ha demostrado que producir cambios metodológicos favorece el aprendizaje significativo de conocimientos científicos (Orozco, 1995; Solomon, 2000). Aprender a diseñar estrategias metodológicas para resolver problemas de interés científico y a reconocer la importancia de los métodos en la ciencia, no se adquiere mediante ejemplos y sí más bien mediante un trabajo reiterado donde la metodología científica se trata reiteradamente en el aula de clase. Las presentaciones argumentadas de los profesores conducen a una crítica a las estrategias de enseñanza de las ciencias fundadas únicamente en el cambio conceptual. De hecho, en el cambio conceptual se pone casi exclusivamente el acento en la modificación de las ideas, con el propósito explícito de lograr aprendizaje del conocimiento científico. Si bien como lo señalan Pozo y Gómez Crespo (2000) el cambio conceptual tiene exigencias epistemológicas que no lo reduce a considerarlo solo como un cambio de contenidos de las concepciones, es necesario que el cambio conceptual vaya asociado con un cambio metodológico, de manera que las estrategias en el aula de clase deben incluir explícitamente actividades que asocien estos dos cambios. Se

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

requiere para ello, además de un conocimiento profundo de la materia a enseñara por parte del profesor, que dicho conocimiento esté acompañado de conocimientos asociados con concepciones más acordes con los resultados de la investigación en epistemología de las ciencias, con un conocimiento riguroso de la historia de la ciencia y con conocimientos en didáctica de las ciencias que favorezcan prácticas de enseñanza por resolución de problemas.

Los profesores llegan a la conclusión que quizás uno de los principales problemas de la enseñanza de las ciencias, ha sido el que siempre ésta se ha centrado en conocimientos declarativos (saber qué) que olvidan conocimientos procedimentales (saber cómo). Duschl y Gitomer (1991) recuerdan que la enseñanza tradicional se reduce a la enseñanza “de” conocimientos científicos y ha olvidado una enseñanza “sobre” los conocimientos científicos. No puede esperarse que baste solo hablar de cambio conceptual para que se tengan en cuenta las exigencias metodológicas y epistemológicas que ello implica, mas bien por el contrario debe insistirse explícitamente en las actividades creativas del trabajo científico, en el tratamiento de problemas con miras a plantear hipótesis fundamentadas, en la elaboración de diseños, en el análisis crítico de resultados, en la comunicación y contrastación de resultados, etc. Duschl y Gitomer (1991) han profundizado en las implicaciones de la epistemología contemporánea haciendo mención a que para producir un reestructuración radical de conceptos, acompañado de una renovación en los conocimientos procedimentales implicados, deben superarse las visiones epistemológicas espontáneas que acompañan muchas veces el pensamiento docente de los profesores. Todo ello para que sea posible una transformación efectiva en la enseñanza de las ciencias. En síntesis, son varios los autores pertenecientes a la comunidad académica en didáctica de las ciencias (lo cual es un indicador más que este paradigma se está consolidando como un nuevo cuerpo de conocimientos) que han venido poniendo en cuestión la relación que puede existir entre esquemas conceptuales alternativos y formas de razonamiento (Osborne y Wittrock, 1983 y 1985; Gil y Carrascosa, 1985 y 1990; Viennot, 1989; Burbules y Linn, 1991). Los profesores razonan en detalle acerca que las estrategias de enseñanza orientadas a provocar cambios conceptuales parecen no incluir las actividades de los alumnos de manera explícita. Hacer esto, no favorece aprendizajes como tratamientos de cambios conceptuales asociados con cambios metodológicos que permitan abordar explícitamente situaciones problemáticas utilizando para ello la metodología propia de la actividad científica.

Las secuencias propuestas para favorecer cambios conceptuales, se fundamentan en las tesis de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982): sacar a la luz las ideas de los alumnos, favorecer su formulación y consolidación, y verificar que las nuevas ideas resultan ser potencialmente útiles para explicar ciertos problemas. Ello implica el diseño de estrategias para el aprendizaje de conceptos, que ha dado buenos resultados pues ha permitido poner una atención importante a las ideas previas y a las ideas del sentido común; con ello ha sido posible reconocer la importancia de los esquemas alternativos como manera para superar posibles errores conceptuales. Sin embargo, también es cierto que dichas estrategias podrían limitarse

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

al tratamiento exclusivo de contenidos conceptuales, generando inhibición y rechazo por parte de los estudiantes ya que cuando se reiteran estas estrategias y los estudiantes saben que las ideas que explicitan serán cuestionadas, probablemente pierdan el interés por seguir haciéndolo. Por el contrario, bajo modelos de enseñanza de las ciencias por resolución de problemas, las ideas previas se explicitan y se abordan con la finalidad de resolver problemas de interés para los estudiantes, lo que puede favorecer el desarrollo de motivaciones intrínsecas hacia la ciencia, hacia el aprendizaje de las ciencias y hacia las implicaciones sociales de la ciencia (Pozo y Gómez Crespo, 2000). Desde un punto de vista constructivista se ha venido discutiendo la necesidad de apoyar explícitamente la construcción de conocimientos en forma de tratamientos de problemas, tal y como lo sugiere Bachelard (1938), "todo conocimiento es la respuesta a una cuestión" y en sí mismo nos interroga sobre las estrategias de cambio conceptual lo que supone tomar las ideas de los alumnos como punto de partida.

Comentario adicional 20 debido a la dinámica del Programa. Las situaciones de conflicto cognoscitivo ya no se suponen entonces como cuestionamiento externo de las ideas personales para intentar cambiarlas, sino como cuestionamiento a la metodología con la cual indagamos la coherencia de nuestras ideas personales. Ello ha de permitir no solo la transformación de estas ideas personales por nuevas ideas, sino transformaciones de carácter metodológico. Esta idea fuerza, la vivencian los profesores a lo largo de este programa: el cuestionamiento a la metodología de la enseñanza tradicional, está favoreciendo en ellos cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales de cara a una renovación en sus concepciones, predisposiciones y prácticas docentes en la enseñanza de la química.

Por ello, las estrategias de enseñanza que parecieran coherentes con una explicación explícitamente constructivista y que incluya las características del razonamiento científico, las entenderíamos como un tratamiento de situaciones problemáticas abiertas. En este tratamiento podríamos pensar en propuestas de estrategias donde se plantean situaciones problemáticas, que teniendo en cuenta ideas, visión del mundo, y actitudes de los alumnos, generan interés y proporcionan concepciones preliminares de las tareas. Luego propondríamos a los estudiantes, estudios cualitativos de las situaciones problemáticas planteadas y les ayudaríamos a que tomen decisiones fundamentadas, con la ayuda de necesarias búsquedas bibliográficas, para acotar problemas precisos, lo que sería una excelente ocasión para que los estudiantes empiecen a explicitar funcionalmente sus ideas; como vemos hasta acá, el punto de partida no solo sería averiguar ideas previas para intentar cambiarlas por otras ideas o simplemente con el propósito de averiguar cuáles son las ideas previas de los estudiantes, sino sería partir de situaciones problemáticas en procura de solucionarlas siguiendo la metodología propia de la investigación científica. Así, el tratamiento científico de problemas concede especial énfasis a la metodología científica, lo que conlleva al diseño de variables, emisión de hipótesis, uso de ideas previas para hacer predicciones, elaboración de estrategias de resolución incluyendo en

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

su caso diseños experimentales, contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de los que disponemos y contrastación de hipótesis fundamentadas en entramados conceptuales de la ciencia, obtención y análisis de los resultados cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica; en síntesis, todo ello puede convertirse en ocasión de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones, tomadas como hipótesis que pueden generar transformaciones en las ideas iniciales de los estudiantes, generando en sí mismos cambios conceptuales. Finalmente, plantearíamos estas estrategias de enseñanza para aprendizaje como investigación orientada, como ocasión para el replanteamiento en el manejo de nuevos conocimientos, usados en diversidad de situaciones, para que se haga posible su profundización y afianzamiento; volvemos de nuevo a insistir como un cambio metodológico favorece cambios conceptuales, poniendo énfasis especial en las relaciones ciencia – tecnología – sociedad, dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter del cuerpo coherente que tiene la ciencia. Así pues, podemos concluir con los profesores, que el cambio metodológico favorece el cambio conceptual y a la vez el cambio actitudinal.

Los planteamientos reiterados de nuevos conocimientos, favorece actividades de síntesis en las cuales se pueden hacer esquemas, memorias, mapas conceptuales, etc. que ayudan a fortalecer los cambios conceptuales obtenidos, la elaboración de productos, a romper con planteamientos excesivamente escolares y a reforzar el interés por las tareas (en forma de problemas y no en forma de ejercicios) y la concepción de nuevas problemas. En este punto hemos procurado con los profesores esquematizar la enseñanza por investigación orientada, como esquema alternativo al trabajo docente cotidiano. Se intenta aquí integrar los aspectos esenciales de la actividad científica puestos de relieve por la nueva filosofía de la ciencia y que a menudo no son suficientemente tenidos en cuenta en la enseñanza de las ciencias; nos referimos entonces a los problemas de conceptualización sobre el trabajo científico lo que implica tener en cuenta sus impactos en la sociedad y en el ambiente, aspectos que más adelante abordaremos cuando entremos en detalle en los cambios actitudinales en el aprendizaje de las ciencias.

Las estrategias de enseñanza de las ciencias por investigación orientada, pueden considerarse como propuesta “radicalmente constructivistas” (Furió, 2001), ya que se contempla una participación efectiva de los alumnos en la construcción de los conocimientos y no en la simple reconstrucción subjetiva de conocimientos que proporciona el profesor o que proporcionan los textos de clase. La idea central del modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación orientada, implica tratamientos de situaciones problemáticas abiertas de interés, desde las cuales los alumnos podrían participar en la construcción de conocimientos. Es decir, no se trata simplemente de una reconstrucción subjetiva, de lo que el profesor quiere que se construya, sino donde los propios estudiantes participan activa, comprensiva y significativamente en la construcción de los conocimientos. Se advierte que el aprendizaje de

las ciencias entonces se concibe entonces no como un simple cambio conceptual, sino como un cambio conceptual, metodológico y actitudinal y para ello resulta eficaz, según lo han demostrado diversas investigaciones didácticas, los modelos de enseñanza de las ciencias como investigación orientada. Este modelo resulta ser plausible en la medida que se integran no solamente los resultados recientes de investigaciones precedentes en didáctica de las ciencias, especialmente en lo que tiene que ver con el tratamiento de ideas previas, concepciones alternativas, errores conceptuales, trabajos prácticos de laboratorio y resolución de ejercicios de lápiz y papel, sino también los desarrollos recientes de la historia y la filosofía de las ciencias, junto con los desarrollos recientes de la psicología cognitiva. Esta interesante complejidad conceptual que engloba la Didáctica de las ciencias, la muestra como un programa de investigación científica progresivo (Lakatos, 1978) y que todo ello redundando en una búsqueda de consensos, lo que a su vez permite redundar en un avance conceptual en lo que tiene que ver con el cuerpo teórico de la educación científica, y concretamente su integración en los procesos de enseñanza de las ciencias a través de nuevas maneras de pensar la formación de los profesores de ciencias.

“Así pues intentamos que este modelo haga una integración adecuada entre teoría científica, práctica de laboratorio, problema científico, problema de lápiz y papel, en un proceso único de construcción de conocimientos científicos y por ello se plantea la idea que se trata de una estrategia que se califica como radicalmente constructivista” (Furió, 2001).

A.45. Con el propósito de favorecer la participación activa, comprensiva y significativa en la construcción de conocimientos didácticos por parte de los profesores, conviene hacer un balance general de lo abordado hasta lo corrido en el programa. Se sugieren actividades escritas individuales y reflexión colectiva.

Comentarios A.45 Los resultados de la síntesis lograda en esta actividad se describen a continuación, producto de la transcripción de un texto suscrito por los profesores participantes en el programa:

“Hemos abordado la problemática de la enseñanza de las ciencias discutiendo desde concepciones previas en relación a todo aquello que los profesores debemos saber y saber hacer, para que luego de identificar limitaciones a estas ideas y creencias expresadas, pasemos a considerar la investigación contemporánea en didáctica de la ciencia, no solo para propiciar cambios en estas concepciones y en sus prácticas derivadas, sino para valorar este conocimiento como un “nuevo cuerpo de conocimientos” que los profesores debemos saber para impartir una enseñanza de calidad, que propicie la comprensión en los estudiantes, el aprendizaje significativo de conocimientos científicos, la puesta en práctica de los conocimientos aprendidos en variedad de situaciones y la valoración crítica de las implicaciones de la ciencia en la sociedad y en el ambiente. Ello ha conducido a fundamentar

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

la introducción del modelo de enseñanza de las ciencias como investigación orientada y a hacer una crítica fundamentada a los modelos habituales de enseñanza. Para ello hemos trabajado los siguientes aspectos: el primero es qué hemos de conocer los profesores de ciencias y en particular los profesores de química. Este aspecto se ha planteado como hilo conductor a la iniciación de la didáctica de las ciencias como conocimiento para explicar la enseñanza de las ciencias.

Posteriormente hemos abordado el conocimiento de la materia a enseñar, en este apartado hemos venido desarrollando ideas y conocimientos específicos en relación con la historia de la química, entendida como fuente de identificación de problemas cuya solución ha originado la construcción de conceptos y teorías; con especial atención hemos trabajado la idea de los obstáculos epistemológicos que se opusieron al avance científico y en particular a su posible equivalencia con algunas de las dificultades que tienen los estudiantes. Para ello también hemos tenido que discutir aspectos propios de los conocimientos relativos a las posturas epistemológicas contemporáneas de la ciencia, que nos han permitido elaborar nuevas ideas en relación con lo que comprendemos es la naturaleza teórica de las disciplinas químicas. También hemos abordado lo que tiene que ver con el pensamiento docente espontáneo y algunos aspectos relevantes sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, aquí hemos considerado fundamentalmente las visiones deformadas de la actividad científica y con esta nueva fundamentación hemos podido debatir con mayor rigurosidad acerca de las características metodológicas esenciales de la investigación científica. En tal sentido nos hemos permitido hacer un análisis crítico de cómo se realizan las prácticas de laboratorio y la resolución de problemas de lápiz y papel. Hemos también abordado lo que tiene que ver con conocimientos teóricos, de cómo aprenden los estudiantes y como habría que enseñarles en consecuencia, haciendo una crítica a la enseñanza habitual para poder “aprender a preparar actividades”, para “saber dirigir” la actividad de los alumnos, para “saber evaluar” y para “utilizar la investigación y la innovación” en la enseñanza de las ciencias. Este hilo conductor nos ha permitido aproximarnos a conocer y cuestionar el pensamiento docente espontáneo, allí hemos centrado nuestra atención en aspectos relativos a lo que es investigar, resaltando visiones deformadas de la ciencia en la actividad científica y finalizando en propuestas de actividades a incluir en el currículo para favorecer la construcción de conocimientos científicos por los estudiantes.

El tercer aspecto que hemos desarrollado es el de las consideraciones teóricas y sus evidencias prácticas para el desarrollo de trabajos de laboratorio. Dado que ya hemos podido reconocer actividades alternativas que convendría introducir según nuevas concepciones sobre las ciencias, hemos elaborado criterios para el análisis de cómo se realizan habitualmente las prácticas de laboratorio logrando comprender que siguen posturas ya superadas de la ciencia y que en buena medida se basan en creencias del pensamiento docente espontáneo. Hemos aprovechado para sacar a la luz cuáles han sido los obstáculos que se nos han presentado a la

hora de realizar prácticas con el propósito de resolver pequeñas investigaciones. El cuarto aspecto tratado ha sido el de la resolución de problemas en los cursos de química; hemos analizado críticamente cómo se plantean habitualmente estos “problemas”, que mejor podríamos decir, estos “ejercicios mecánicos”, y se han criticado argumentadamente por el uso y el abuso de la algoritmización poco significativas para los estudiantes. Desde una perspectiva de resolución de problemas, hemos consolidado las ideas en torno a las concepciones alternativas de los estudiantes y a sus implicaciones didácticas, valorándolas como objeto de investigación en didáctica de las ciencias desde los años ochenta. Este punto nos ha llevado a considerar modelos de enseñanza entendidos como cambios conceptual, lo que implicó empezar a pensar en los modelos de enseñanza como cambio conceptual y metodológico, hasta propiciar una concepción y práctica de enseñanza como cambio conceptual, metodológico y actitudinal, que se refleja perfectamente en las estrategias de trabajo en el aula mediante investigación orientada”.

Comentario adicional 21 debido a la dinámica del Programa. El texto que se acaba de presentar, muestra, en lo conceptual, algunos cambios didácticos que empiezan a emerger en los profesores, lo que daría una validez preliminar a la estrategia seguida en esta investigación de cara a resolver los problemas planteados. Así pues, el coordinador del programa considera que con el equipo de profesores podemos disponernos ahora a abordar, dos nuevos elementos que configuran el cuerpo de conocimientos en Didáctica de las Ciencias, y que son, a juicio de esta investigación, necesarios para consolidar un cambio didáctico completo en el profesorado participante. Estos aspectos tienen que ver con el tratamiento de las actitudes en el aprendizaje de las ciencias, principalmente en cuanto a las relaciones ciencias – técnicas – sociedad – ambiente y en relación con la evaluación de los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias.

EL PAPEL DE LAS ACTITUDES HACIA LA CIENCIA, HACIA EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA Y HACIA LAS IMPLICACIONES SOCIALES DE LA CIENCIA.

A.46. Llegados a este punto, podemos ahora preguntarnos ¿en qué consiste la dimensión afectiva hacia la ciencia, hacia el aprendizaje de la ciencia y hacia sus implicaciones sociales?

Comentarios A.46. Una de las razones que argumentan los profesores para explicar los resultados, a veces dramáticos de los alumnos, es la actitud negativa que ellos tienen hacia el aprendizaje de las ciencias, lo que contrasta con el clima positivo que normalmente predomina en la investigación científica. Así pues, parecería encontrarse finalidades distintas entre la ciencia que se trata de enseñar y la manera como se estudia. Se sugiere a los profesores

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

profundizar en esta idea, a partir de sus experiencias, sus conocimientos científicos, epistemológicos, históricos y didácticos, así como en documentos especializados escritos en relación con las actitudes y la enseñanza de las ciencias.

Se destacan a continuación los principales resultados de esta actividad. Las sociedades, cada vez más interesadas en incorporar para su desarrollo los avances en ciencia y tecnología, lo que implica especial atención a la formación de científicos y a la elaboración de conocimientos científicos teóricos y aplicados, vienen planteando reformas curriculares que contemplan finalidades que persiguen adecuados procesos de alfabetización científica y de integración social de los futuros ciudadanos. En Colombia, se han establecido como políticas públicas en educación, la formación por competencias, la acreditación de las instituciones y la enseñanza por estándares básicos de competencias en ciencias, para el caso que nos ocupa. Se pretende que los estudiantes no aprendan colecciones de contenidos muchas veces neutrales, que no le dan sentido a su vida personal y social, para más bien favorecer que construyan conocimientos científicos apoyados en el estudio de su realidad inmediata, y a su vez propiciando que el aprendizaje no solamente se concentre en la apreciación de teorías, conceptos, principios y axiomas científicos, sino ante todo en cambios de actitud hacia nuevas maneras de considerar lo que es la ciencia y el papel que ésta ha jugado y sigue jugando en el desarrollo de las sociedades. En tal sentido, algunas políticas educativas en Colombia, aspiran a superar una formación científica con finalidades propedéuticas y más bien a estimular la alfabetización científica y tecnológica.

Habitualmente la dimensión afectiva del aprendizaje se ha centrado en la búsqueda de objetivos actitudinales, por ejemplo cómo despertar el interés de los estudiantes y el gusto por el estudio científico en los alumnos. En tal sentido, el currículo debiera configurarse por creencias, actitudes y valores que desarrollen en los estudiantes un interés crítico por la actividad científica (Furió, 2001). Dichas actitudes y valores permitirían a los estudiantes valorar el papel que las ciencias tienen en nuestras vidas, y preparar así el camino para que en futuro próximo, dichos estudiantes pudieran participar activamente en la solución de problemas a los que se enfrenta diariamente la sociedad de la que forman parte. Es paradójico que las sociedades desde hace más de un siglo, hayan considerado conveniente la introducción de las ciencias en el contexto de “una educación para todos”, pero que después de tanto tiempo la enseñanza de las disciplinas científicas no haya sido capaz de interesar a los alumnos por su estudio. El tratamiento de las relaciones afectivas muchas veces controvertidas entre estudiantes y ciencias, es en la actualidad un problema de interés que viene siendo investigado en Didácticas de las Ciencias. La relevancia del tema de las actitudes no solamente resulta ser social, también se manifiesta en la enseñanza de las ciencias y por supuesto entonces hace parte de un interés explícito en el marco de las investigaciones en la didáctica de las ciencias, pues de hecho un profesor ha de conocer que la existencia de un clima de aula

actitudinalmente positivo, resulta ser esencial para favorecer un mejor aprendizaje e interés por el aprendizaje de las ciencias.

Los profesores percibimos que con frecuencia nuestros alumnos están desmotivados, no tienen interés hacia las clases de ciencias, pero también se acepta que casi nunca se procuran tratamientos desde las clases de ciencias para solucionar estos obstáculos para un adecuado aprendizaje de las ciencias. Luego de un análisis realizado a libros de texto y a los programas que se siguen para la orientación de los diferentes cursos de química, se encuentra que es difícil encontrar referencias directas o indirectas a objetivos o actividades que propicien un desarrollo actitudinal de los estudiantes; en síntesis, los profesores reconocemos la importancia de la motivación que deben tener los estudiantes como parte de las actitudes para impulsar el aprendizaje de las ciencias, pero casi siempre nos olvidamos de procurar desarrollar dichas motivaciones y actitudes. Siguiendo el hilo conductor que sobre actitudes propone Furió (2001), resulta apropiado que el problema de las actitudes sea planteado de comienzo de cada tema de un currículo, ya que ello podría predisponer favorablemente a los estudiantes hacia el tratamiento de los contenidos e incluir sus intereses en los objetivos del aprendizaje.

A.47. ¿Qué son las actitudes?

Comentarios A.47. Es necesario, en primera instancia, a partir de situaciones cotidianas, sugerir con los profesores algunas ideas que los aproximen a una concepción acerca de las actitudes, para luego poder pasar a reflexionarlas con más detalle, basándose para ello en autores que en el contexto de la educación en ciencias, han profundizado en su estudio. Se busca que los profesores puedan diferenciar entre los conocimientos de una persona y sus actitudes, pero al mismo tiempo, en un proceso conciente, puedan construir por sí mismos las relaciones que existen entre estas dos componentes de la cognición humana.

Empecemos a preguntarnos entonces qué son las actitudes. Cuando nos referimos a las actitudes de una persona “hacia algo” o “hacia alguien”, entonces estamos afirmando que una actitud no es neutral sino que siempre se manifiesta en relación con una persona, o un conjunto de personas, con objetos (del mundo vivo o del mundo físico) o simultáneamente con personas y con objetos. Desarrollamos colectivamente algunos ejemplos tales como: “me gusta leer en mis ratos libres”, “me esfuerzo mucho para que mis estudiantes aprendan química”, “el curso de segundo año es apático hacia las clases de teoría”, “antes de un examen siento ansiedad”, etc. Como denominador común, hay manifestaciones de sentimientos hacia un comportamiento o una acción en un contexto especial y temporal concreto, siempre hay un sujeto (que puede ser un estudiante, un profesor, la clase) que manifiesta un sentimiento o unos sentimientos específicos (me esfuerzo – se esfuerza -, soy apático – es apático - me gusta – le gusta -, etc.).

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Se define la actitud como una predisposición de una persona con la cual tiende a reaccionar favorable o desfavorablemente hacia algo (un objeto, que puede ser una cosa, una institución, una clase, una situación, etc.) o hacia alguien (una persona, un grupo político, el profesor, los estudiantes, etc.). La noción de actitudes es compleja, pues se trata de un concepto multidimensional ya que con una actitud, una persona puede manifestar variados sentimientos (interés, satisfacción, expectativa, ansiedad, deseo, desagrado, etc.); este concepto se complejiza no porque se requiera definir muy claramente el objeto de la actitud, sino porque implica un comportamiento esperado de una situación concreta. Así pues, una actitud asocia un sentimiento respecto a un objeto (algo o alguien), por ejemplo, un estudiante que le gusta estudiar química; esta idea expresa una actitud, en este caso positiva (le gusta estudiar), en una acción concreta (estudiar química) que estará en un contexto (la universidad) y en ciertos momentos (todos los días, en las horas libres, en las prácticas de laboratorio, etc.). La idea de actitud, se fundamenta en un modelo antropológico social que concibe a las personas como sujetos que se forman actitudinalmente en un contexto social en donde hay normas y valores; el modelo supone la existencia de relaciones racionales entre las normas (constructos sociales o personales), los valores (que favorecen la interiorización de las normas) y las conductas (la manifestación explícita –predisposición– de la actitud). Cuando una persona como ser racional, tiene que hacer algo, reflexiona sobre lo que tiene que hacer y pone a su disposición la información disponible a su alcance; en otras palabras utiliza sus ideas y creencias personales respecto a lo que tiene que hacer decidiendo (valorando) cómo podría hacerse y cómo no (porque le gusta más, porque es más fácil, porque es más económico, etc.) para llevar a cabo la conducta (toma una decisión).

Las actitudes se enseñan. Esta es una idea importante, pues desde la enseñanza tradicional, se supone que las actitudes son algo con lo que ya vienen los estudiantes; si ese algo (sus predisposiciones) es positivo, será positivo de cara a que cumplan con la función de aprender, si es negativo, podrá ser un obstáculo para cumplir con esa función. En tal sentido, el desarrollo de actitudes puede organizarse en forma de contenidos, en este caso como contenidos actitudinales.

A.48. Si a través de la educación en ciencias, los estudiantes no solo aprenden contenidos conceptuales y contenidos procedimentales, sino también contenidos actitudinales, en el marco de la didáctica de las ciencias contemporánea, es posible pensar en la “construcción de actitudes”. Apoyados en nuestras discusiones fundamentadas, en las características identificadas en el programa sobre el pensamiento docente espontáneo, en las concepciones que hemos venido construyendo en el equipo, y en autores que profundizan en el tema de las actitudes, explorar cómo se podrían secuenciar las actitudes en el contexto del aprendizaje de las ciencias.

Comentarios A.48. Se trata de favorecer, por una parte, una conceptualización conciente y más rigurosa por parte de los profesores respecto a las actitudes, y por otra, diferenciar -y relacionar- las “actitudes hacia la ciencia”, las “actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia” y las “actitudes hacia las implicaciones sociales de la ciencia”. Se presentan a continuación los resultados de estos fructíferos debates:

Quando nos referimos a los contenidos actitudinales, debemos diferenciar tres componentes o niveles de análisis de una actitud o predisposición (Simpson, Kobala, Oliver y Crawley, 1994) que una persona o un grupo de personas manifiesta(n) hacia alguien (realidad social) o hacia algo (realidad natural):

- 1. una componente cognitiva o el conocimiento de las normas que da cuenta de las ideas y creencias sobre cómo hay que comportarse,*
- 2. una componente valorativa o dimensión afectiva que hace referencia al grado en que se han interiorizado o asumido los principios que rigen el funcionamiento de las normas (grados de aceptación o de rechazo) y,*
- 3. una componente conativa o dimensión conductual que hace referencia a reglas o patrones de conducta, a disposiciones a comportarse de modo consistente, en últimas, a las tomas de decisión de una persona o grupos de personas.*

Por ejemplo, el valor del respeto a la vida lleva a establecer como norma la aceptación de las diferencias, pero no siempre las conductas de las personas se ajustan o respetan esas normas. Un objetivo de la educación debería ser el favorecimiento de cambios conscientes en valores, los cuales han de interiorizarse como normas y manifestarse en comportamientos coherentes con las normas, en lugar de mantener normas solo por procedimientos coercitivos. Es diferente la actitud de un estudiante cuando afirma “me gusta trabajar en equipo” (el valor del trabajo en equipo se interioriza en una norma como “es más fructífero aprender en equipo que individualmente porque la ciencia es una construcción colectiva” lo cual se manifiesta en una conducta: hacer las cosas de las clases de ciencias en equipo). Para ello es necesario que los diferentes componentes de las actitudes estén equilibrados, de forma que la conducta sea consistente con las normas conocidas y valoradas. Cuando una norma no se comparte, no es un valor, y por ello no se respeta a menos que la autoridad haga presencia.

La educación debe en todos sus niveles y formas, fomentar el desarrollo de capacidades autónomas, pero ello debe hacerse a través de contenidos concretos. El aprendizaje de una actitud debe favorecer la promoción de ciertas conductas regidas por normas valoradas consensualmente. La educación tradicional no ha tenido éxito en la promoción de cambios actitudinales, debido por una parte, a que se trata de una componente de los conocimientos que casi nunca se aborda en los programa de enseñanza de las ciencias, y por otra, a que se

parte del principio que son los discursos éticos y morales los que forman las actitudes; se olvida que las actitudes se aprenden significativamente cuando se trabaja con las personas a partir de la interiorización (construcción) de normas y conductas concretas.

Como se ha elaborado por parte del equipo y se ha contrastado con información especializada, habitualmente en la enseñanza de las ciencias no se consideran las actitudes como objeto de enseñanza. Pero justamente esa deficiencia, termina por promover favoreciendo algunas actitudes implícitas que muchas veces generan una imagen desfavorable de las ciencias o de su aprendizaje. Las siguientes son algunas de esas ideas desfavorables sacadas a la luz por los profesores:

- *La ciencia avanza gracias al aporte individual de personas que de vez en cuando logran acertar en sus resultados.*
- *La persona que trabaja en ciencias debe aprender a agudizar sus sentidos para ver y sentir lo que no todos pueden hacer.*
- *La ciencia está en los libros especializados.*
- *Aprender ciencias es una actividad individual.*
- *Aprender ciencias exige buena memoria para almacenar información*
- *Aprender ciencias permite resolver todos los ejercicios de final de capítulo,*

Es importante que los profesores tomemos conciencia y hagamos explícitas no sólo las actitudes que queremos que aprendan nuestros estudiantes, sino también aquellas que de manera inconsciente manifiestan los estudiantes a través de sus conductas. No se puede esperar que los alumnos no sean pasivos cuando no se brindan espacios de participación autónoma, cuando no se favorece la sensibilidad por problemas sociales, científicos y tecnológicos que los rodean. Cuando los conocimientos se enseñan como saberes acabados, casi siempre solo como contenidos conceptuales que son descubiertos por personas fuera de lo común, es muy difícil generar autonomía y credibilidad en los estudiantes acerca de que ellos(as) también pueden elaborar conocimientos y resolver problemas.

Al situar las actitudes como contenido educativo, éstas adquieren el status de propósitos de enseñanza y de aprendizaje. Para que las actitudes se aprendan significativamente, al igual que los contenidos conceptuales y procedimentales, deben favorecerse cambios actitudinales y no simplemente asimilación de actitudes por transmisión de normas o por imitación. Los cambios en las actitudes pueden lograrse mediante conflictos sociocognitivos. Según Pozo y Gómez Crespo (2000), hay dos tipos de conflictos sociocognitivos: los que se basan en desajustes sociales y los que fomentan desequilibrios internos o cognitivos.

- *El conflicto por desequilibrios sociales, se produce entre las propias actitudes y el grupo de referencia. Cuando percibimos que el grupo con el que nos identificamos o al*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

que pertenecemos (contexto social) mantiene actitudes diferentes a las nuestras, es más fácil que cambiemos nuestras actitudes. Un alumno que no coopera puede hacerlo si trabaja en un grupo solidario. Los desequilibrios cognitivos pueden producirse entre los diferentes componentes de una actitud; este fenómeno recibe el nombre de *disonancia cognitiva* (Festinger, 1957). "El alumno que se comporta de modo diferente a como cree y le gustaría, tiende a cambiar sus creencias y gustos para adecuarlos a su conducta. Si un alumno individualista se ve obligado a cooperar, o uno intolerante a actuar de moderador en las discusiones, se está favoreciendo su cambio actitudinal" (Pozo y Gómez Crespo, 2000)

- *En el conflicto por desequilibrios internos, lo más importantes para el aprendizaje, se logran mediante la reflexión conciente de las conductas en el contexto de las normas que las originan y en los valores que les dan sentido. Los conflictos internos son una condición que podría favorecer cambios en las actitudes, aunque no siempre el conflicto produce automáticamente un cambio en el sentido deseado. El cambio depende fundamentalmente de la reinterpretación que se haga del conflicto, es decir, de la reflexión y toma de conciencia que induzca sobre su propia conducta. Simpson, Kobala, Oliver y Crawley (1994), desde una perspectiva constructivista, plantean que el sujeto construye o reconstruye sus actitudes a partir de la forma en que percibe y razona sobre sus propias acciones.*

Los tipos de actitudes que debieran promoverse en los alumnos a través de la enseñanza y que por tanto, podrían secuenciarse en el proceso educativo, son cuando menos:

1. *Actitudes hacia el conocimiento: Procura promover en los alumnos hábitos y formas de abordar los problemas coherentes con una concepción de conocimiento como construcción social. Ha de promover el rigor, la actitud crítica y reflexiva, alejándose del empirismo ingenuo, de la pura especulación y fomentando concepciones constructivistas, relativistas e historicistas del conocimiento en cambio de visiones positivistas y estáticas. Esta tipología de actitudes ha de favorecer conductas en cuanto a que los conocimientos científicos son más una forma de hacer preguntas que de obtener respuestas acabadas. Pueden citarse dos dimensiones para considerar las actitudes hacia el conocimiento:*

- *Interés por aprenderlo: implica motivación intrínseca (manifestación conciente del alumno por querer aprender o por querer solucionar problemas) y motivación extrínseca (basado en el sistema premio – castigo dependiendo casi siempre, de los resultados obtenidos).*
- *Contenidos de actitudes específicas: aprecio por el rigor y la precisión en el trabajo, respeto al medio ambiente, sensibilidad para poner en orden*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

conocimientos de cara a resolver problemas, actitud crítica ante los problemas que plantea el desarrollo del conocimiento (Pozo y Gómez Crespo, 2000)

2. *Actitudes hacia el aprendizaje de los conocimientos: Se trata no sólo de que el alumno conciba los conocimientos como un proceso socialmente constructivo, sino que también procure aprenderlos de un modo socialmente constructivo, aprendiendo significativamente (con significado y sentido) y no repetitivamente; persigue que el alumno se interese por los conocimientos, los valore como una empresa humana digna de esfuerzos para que se genere un concepto propio positivo de los mismos; que a pesar de su dificultad se considere capaz de aprenderlos. Finalmente, que esté motivado para aprender y no para aprobar los cursos. Pueden citarse cuatro dimensiones para considerar las actitudes hacia el aprendizaje de los conocimientos (Pozo y Gómez Crespo, 2000)*

- *Ligadas al aprendizaje: la ciencia se aprende por repetición – la ciencia se aprende buscando significado.*
- *Ligadas al autoconcepto: aprendo individualmente ciencias – aprendo colectivamente ciencias.*
- *Hacia los compañeros: se aprenden mejor las ciencias en forma cooperativa – se aprenden mejor las ciencias compitiendo –*
- *Hacia el profesor: para aprender ciencias sigo a mi profesor como modelo.*

- *Actitudes hacia las implicaciones sociales de los conocimientos: se canalizan a través de las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente; suponen que los alumnos adopten posiciones con respecto a los usos sociales de los conocimientos y sus consecuencias; valorando problemas entre los cambios (o avances) de los conocimientos y los cambios en la sociedad, con implicaciones no solo ideológicas sino también en los hábitos de conducta y consumo.*

Podemos afirmar, que sin motivación no hay aprendizaje. Dado que el aprendizaje, requiere continuidad, práctica, esfuerzo, es necesario tener motivos para esforzarse, es necesario moverse hacia el aprendizaje. Motivar (moverse) es cambiar las prioridades de una persona; motivarse hacia el aprendizaje es cambiar las prioridades hacia el aprendizaje. Dado que no se puede dar por supuesto que las personas están interesadas por aprender, uno de los objetivos de la educación debe ser despertar el interés hacia el aprendizaje. Cuando lo que mueve el aprendizaje es el deseo de aprender, sus efectos sobre los resultados obtenidos parecen más sólidos y consistentes que cuando se aprende a partir de motivaciones externas (premios y castigos).

Algunas estrategias para desarrollar cambios actitudinales, tienen que ver principalmente con centros de interés, trabajos cooperativos, autonomía y participación activa de los alumnos, lo cual implica cambios importantes en la organización de las actividades escolares, superando la idea que la motivación es algo que está o no está en el alumno, sino que es producto de la interacción social de las personas, y en el caso de los alumnos, de la interacción social en el aula. Utilizando la metodología científica, favoreciendo cambios metodológicos en los estudiantes, podemos desarrollar simultáneamente cambios conceptuales y cambios actitudinales. Si los estudiantes aprenden a utilizar una metodología cercana a la que utilizan los científicos, puede favorecerse el aprendizaje por construcción conciente de teorías y conceptos científicos, y al mismo tiempo pueden desarrollarse conductas a partir de la construcción (interiorización) de valores asentados en normas.

A.49. Una vez definidas las actitudes y habiendo reflexionado sobre el papel que juegan en el aprendizaje de las ciencias, convendría revisar algunos modelos investigativos que nos den cuenta sobre cómo auscultar actitudes de los estudiantes. Al igual que sucede con las tesis del cambio conceptual, solo conociendo las actitudes previas de los alumnos, podemos diseñar estrategias para desarrollarlas o para cambiarlas en el contexto de la lógica del aprendizaje significativo. Examinemos, pues, algunas tendencias metodológicas en la investigación sobre actitudes, de manera que al reconocerlas y ponerlas en práctica, logremos hacer explícitas nuestras intencionalidades docentes para incluir en los currículos, estrategias para favorecer el aprendizaje de actitudes hacia la ciencia, hacia el aprendizaje de la ciencias y hacia las implicaciones sociales de la ciencia, como factores esenciales para el logro de aprendizajes significativos en los estudiantes.

Comentarios A.49. Es importante que los profesores aprendamos a identificar las actitudes de nuestros estudiantes y para ello debemos reconocer algunos instrumentos que explicitan algunas de las actitudes de los estudiantes que al ser expresadas, nos permiten su identificación. Por ejemplo, debe ser nuestro interés reconocer las actitudes de nuestros alumnos hacia la asignatura, o las actitudes hacia un profesor o hacia las actividades que mas les interese hacer en la clase de química, etc. Una posible forma de identificar actitudes es solicitar a las personas que hagan una auto evaluación a modo de introspección de algunas de las dimensiones prácticas de las actitudes, por ejemplo, preguntar si les gusta una determinada asignatura, cómo se sienten en dicha asignatura, si les resulta fácil. En este dominio, tanto la investigación con métodos cuantitativos o con métodos cualitativos puede utilizarse. Entre los métodos cuantitativos se destacan la escala Likert, los inventarios de intereses y los métodos de diferencial semántica. Entre los métodos cualitativos se destacan los métodos naturalísticos

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

y los *etnográficos* entre los cuales se encuentran la *entrevista personal*, la *observación participante* y la *observación no participante*.

El método de la *escala Likert*, consiste fundamentalmente en presentar al estudiante un conjunto de *proposiciones* en cada una de las cuales ha de constar explícitamente la *dimensión actitudinal* que se desea conocer, en la *acción*, la *intención*, el *tiempo*; por ejemplo, supongamos que queremos averiguar una *actitud* de los estudiantes hacia las *implicaciones sociales* de la *ciencia*; podríamos entonces preguntar:

- *La química que se aprende en clase no es útil en la vida cotidiana.*

Las posibles respuestas para esta proposición se gradúan en una *escala* con las siguientes opciones:

Muy de acuerdo, de acuerdo, indiferente, en desacuerdo o muy en desacuerdo.

El estudiante debe responder indicando el grado de *acuerdo* o *desacuerdo* con la afirmación, los resultados encontrados en una clase pueden cuantificarse, por ejemplo, en forma de *porcentajes* para identificar los rangos en que están más de acuerdo o más en desacuerdo.

Otro método cuantitativo es el del *inventario de intereses*; en este método se presentan listados de *carreras*, *temas*, *actividades*, etc., para que quien responda haga una *valoración*. Por ejemplo, se puede sugerir lo siguiente:

- *valorar con 0 si está en desacuerdo total y hasta 4 si está en acuerdo total con las siguientes actividades que se hacen en la clase de química:*

Memorizar conceptos,

Diseñar experimentos individuales,

Diseñar experimentos con compañeros,

Leer textos extra clase,

Escuchar la exposición del profesor,

Observar los experimentos que hace el profesor,

Resolver individualmente problemas,

Visitar industrias relacionadas con los temas tratados,

Debatir los temas en pequeños grupos, etc.

Otro método cuantitativo que podría utilizarse es el del *diferencial semántico*, el cual consiste en presentar *proposiciones* con *escalas* que tienen en sus extremos *adjetivos opuestos*; aquí quien responde debe adherirse a uno de los rangos que tiene la *escala*. Por ejemplo:

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Supongamos que queremos averiguar percepciones que tienen los alumnos respecto a un determinado profesor, podríamos proponer lo siguiente:

Mi profesor de química del año pasado era:

Aburrido _____ Divertido,

Desorganizado _____ Organizado,

Autoritario _____ Flexible

Coloca sobre la línea un número que va desde -3 hasta +3, donde -3 significa totalmente aburrido, o totalmente desorganizado o totalmente autoritario y + 3 totalmente divertido, o totalmente organizado, o totalmente flexible; -2 bastante aburrido, ... y +2 bastante divertido, ...; -1 ligeramente aburrido, ... y +1 ligeramente divertido; y 0 si considera que no es ni lo uno ni lo otro.

En general, con estos instrumentos, podemos analizar el impacto que puede tener el aprendizaje de las ciencias en las actitudes de los estudiantes, o por el contrario ver si hay o no correlación entre las actitudes de los alumnos. Por ejemplo, varios estudios han tratado las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias a lo largo de un curso y se ha visto que al comienzo del curso son más altas que a la mitad o al final del curso; también estudios longitudinales de las actitudes han permitido indagar cómo varía el interés o el aprecio por las ciencias a lo largo de varios cursos del currículo obligatorio y los resultados encontrados son bastante disímiles (Furió, 2001).

En los métodos cualitativos se centra la observación no participante (apreciar sin involucrarse con la persona las actitudes que manifiesta), o la entrevista estructurada (diálogo en relación con un tema, una problema, una situación, etc.).

A.50. Una vez que hemos elaborado una concepción sobre las actitudes hacia... en el contexto de la educación en ciencias y que hemos reconocido algunas alternativas para su identificación, podemos ahora preguntarnos ¿Cuáles son las posibles causas de las actitudes negativas de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje?

Comentarios A.50. Sin mucho esfuerzo, los profesores hemos podido constatar que en la mayoría de las veces, a medida que aumenta el nivel de escolaridad de los estudiantes, sus actitudes hacia el aprendizaje y hacia los conocimientos son cada vez más negativas. Debemos preguntarnos ahora por qué sucede esto y principalmente, cómo podríamos intervenir para procurar dar solución a esta problemática que inevitablemente afecta el aprendizaje de las ciencias.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Los resultados sobre el incremento en las actitudes negativas en los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias y hacia las ciencias, deben buscarse en razones de orden escolar y extraescolar, que expliquen las razones para ello y al mismo tiempo permitan encontrar soluciones didácticas que puedan dar solución a dicho problema, en tal sentido, debemos revisar las acciones, el tiempo y el contexto en el cual estas actitudes se pueden desarrollar.

Una hipótesis que asumimos los profesores, fundamentalmente centrada en una concepción de docencia de sentido común, es que el desinterés de los estudiantes se debe a su incapacidad intelectual debido a la dificultad de los contenidos científicos; ciencias como la química son difíciles de comprender y por ello, se trata de un conocimiento que no está hecho para todos los estudiantes. Así mismo, este problema del descenso en las actitudes de los profesores, también puede ocurrir, según los análisis que elaboran los profesores y que contrastan con literatura especializada, es que en muchas ocasiones los estudiantes llegan a los cursos sin haber aprendido correctamente los contenidos de los cursos anteriores, olvidan muy fácil lo que se aprende, además que no expresan las mejores motivaciones y por tanto no hacen esfuerzos importantes para superar sus dificultades de aprendizaje; por estas razones se comprende que fracasan y ello, sumado a las causas anteriormente descritas, hacen que disminuya su interés hacia las ciencias. El análisis desarrollado hace que todo esto haga parte de un círculo vicioso, el estudiante no aprende ciencias porque la ciencia es compleja de aprender, porque no le gusta y no la entiende fácilmente, situación que se recrea nuevamente cuando se pasa a cursos superiores donde los contenidos son mucho más complejos. En síntesis, con los conocimientos de base que los profesores han elaborado, no hay corresponsabilidad entre los resultados del aprendizaje y la manera como los profesores enseñamos, pareciendo siempre entonces que la responsabilidad de todo ello radica en los estudiantes; esta idea docente de sentido común ha sido altamente investigada en la didáctica de las ciencias, tratando de encontrar alguna relación entre el éxito de los estudiantes en ciencias y las actitudes hacia estas disciplinas. Furió (2001), describe investigaciones que tratan de encontrar relaciones entre estudiantes que sacan mejores notas en relación con su interés hacia la clase, o recíprocamente, si aquellos que manifiestan actitudes mas favorables hacia las ciencias y hacia su aprendizaje obtienen mejores resultados. Estas investigaciones han encontrado que no existe una fuerte correlación entre la capacidad de los estudiantes y sus actitudes. El cambio conceptual no depende necesaria y recíprocamente de unos cambios actitudinales previstos, se contrasta la creencia intuitiva que supone que hay una relación estrecha entre las actitudes y los comportamientos frente a los resultados en el aprendizaje. Se encuentran autores que muestran que el afecto hacia las ciencias está más relacionado con el éxito, otros han encontrado relaciones inversas, esto es, casos de estudiantes donde una dificultad puede provocar un aumento en la motivación hacia el aprendizaje al plantearse la cuestión como un desafío.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias desarrollada desde finales de la década de los 70's, ponen en evidencia relaciones empíricas observables entre actitudes y otras variables escolares como el currículo o la metodología seguida en el aula, haciendo referencia más a las relaciones entre las actitudes con los resultados en el aprendizaje de las ciencias. Estas investigaciones sugerían que la causa fundamental de las actitudes negativas habría que buscarlas en la idiosincrasia personal de los alumnos y en las características del conocimiento científico, y no en otros aspectos como el currículo o las metodologías. Por aquella época, la investigación observa el mayor desinterés hacia el aprendizaje de la química por parte de personas de sexo femenino, su preferencia a la hora de elegir materias científica optativas en educación secundaria se inclinaban más por disciplinas como la biología; en esa investigación se ponía de relieve el estereotipo social que influye de manera inconsciente sobre la escuela. Spears (1984) entrega a una muestra de más de 300 profesores, exámenes elaborados por estudiantes para ser evaluados por los profesores en aspectos como la precisión, la aptitud, etc. Cada examen se presentó a la mitad de los profesores como si hubiese sido elaborado por un alumno y a la otra mitad como si lo hubiese sido hecho por una alumna. Los resultados confirmaron que los mismos exámenes (pues no tenían ningún tipo de variación), fueron calificados con valoraciones mucho más altas si se suponía que sus autores fueron alumnos que cuando se supuso que sus autores fueron alumnas; también se comprobó que los profesores también valoraban más positivamente la capacidad de los alumnos para continuar estudios científicos a cambio de si se traba del caso de alumnas.

Los profesores tienen elementos importantes para discutir estos resultados desde las ideas que han elaborado en relación con las características del pensamiento docente espontáneo. Desde las concepciones derivadas de esta forma de concebir la enseñanza, se supone que la generación de actitudes negativas únicamente se debe casi exclusivamente a causas externas al propio proceso de aprendizaje, por ejemplo, la procedencia social de los alumnos, su género, sus intereses, etc., y no se tiene en cuenta que las actitudes también pueden estar directamente relacionadas con otras dimensiones afectivas escolares (que surgen en el contexto escolar), como el tipo de enseñanza, la actitud y la expectativa del profesor hacia los alumnos, etc. Todo ello sumado a que se considera que las actitudes de los alumnos se forman por motivaciones extrínsecas lo que no deja suponer que en la enseñanza de las ciencias los estudiantes pueden aprender a elaborar actitudes hacia la ciencia y hacia su aprendizaje (las actitudes son algo que los estudiantes ya poseen y no se pueden modificar). En tal sentido, podríamos hoy hablar desde el contexto de la didáctica de las ciencias, que superar esta idea habitual del pensamiento docente espontáneo, requiere aproximarnos como profesores a esquemas de enseñanza alternativos, como el caso de la enseñanza por investigación orientada que el equipo de profesores ha aprendido significativamente, y que favorece en los estudiantes, mediante estrategias de aprendizaje por resolución de problemas, cambios metodológicos para enfrentar su solución, cambios conceptuales desde los cuales se fundamenta la solución del problema, y ahora, como categoría nueva (aunque ya había sido

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

considerada implícitamente por los profesores en otros momentos durante el programa), cambios actitudinales que “muevan” a los estudiantes, por sí mismos, a considerar el carácter de aventura que tiene el conocimiento científico, lo enriquecedor que ha sido para el desarrollo de la humanidad y para comprender su relación y su responsabilidad con el mundo, para considerar nuevos retos, etc. (Alonso, 1994; Alonso, Gil y Martínez – Torregrosa, 1991 y 1996).

Con todo ello se destacan posiciones alternativas de enseñanza, que no se reduzcan simplemente a que los alumnos aprendan contenidos conceptuales científicos, sin considerar los procedimientos que deben seguir para abordar un problema usando la metodología científica coherente con prácticas contemporáneas de la actividad científica, y donde no se desarrollan procesos afectivos en los estudiantes hacia el significado de la ciencia, sus implicaciones sociales y su aprendizaje. Habitualmente se enseña sólo en función de superación de niveles educativos de una manera propedéutica, sin incluir los intereses previos de los alumnos y sin desarrollar actividades que motiven a los estudiantes por el aprendizaje. Las evaluaciones tienen un énfasis marcado en reconocer los contenidos conceptuales de los estudiantes, sin tener presente aspectos metodológicos, y mucho menos sin incluir indicadores que den cuenta de los contenidos actitudinales que debieran estar aprendiendo en este proceso. En tal sentido, una conclusión relevante que alcanzan los profesores, es que una renovación en la enseñanza de las ciencias ha de propiciar que su aprendizaje se entienda, fomente y llegue en la práctica a cambios en las formas de pensar (conceptuales), de sentir (actitudinales) y de actuar (procedimentales) en los estudiantes, cambios que deben vivenciar los estudiantes cuando pasan de explicar el mundo desde el sentido común para pasar a explicarlo en la forma como lo hacen los científicos; ello implica cambios de orden conceptual en el sentido de apropiarse constructivamente y de manera personal e intencional de teorías y conceptos científicos, cambios actitudinales que favorezcan mejores predisposiciones de los estudiantes hacia el profesor de ciencias, hacia la importancia del clima del aula, hacia las actividades y recursos para aprender, hacia la valoración de la naturaleza y los métodos de la ciencia, hacia el trabajo de los científicos y la manera como desarrollan sus actividades, y hacia los impactos de la ciencia en la técnica, tecnología, sociedad y ambiente, entre otros. Todo ello, manifestado en cambios procedimentales mediados por nuevos esquemas de acción utilizados por los estudiantes para resolver, en la práctica, problemas suscitados en las clases de ciencias.

En este punto, los profesores concluyen que nuestras prácticas docentes habituales favorecen una imagen deformada de los científicos y de la ciencia. En las clases de ciencias, muchas veces nos encargamos de fomentar visiones distorsionadas de las ciencias, como por ejemplo la imagen inductivista que tienen la ciencia y que termina reduciendo los trabajos prácticos de laboratorio a seguimientos de recetas de cocina que olvidan el papel de un pensamiento creativo en el trabajo científico. Terminamos, por otra parte, presentando la ciencia como la

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

suma de diferentes temas, dando la sensación que la ciencia tiene un carácter lineal y que no se conecta con los problemas reales del mundo que nos rodea. Estos imaginarios, que los profesores no cuestionamos y que no evitamos explícitamente, generan una imagen de ciencias revestida de dogmatismo, una ciencia que evoluciona linealmente, una ciencia excesivamente academicista, enciclopedista, una ciencia compartimentada y muy poco útil para que los futuros ciudadanos puedan tomar decisiones fundamentadas para plantearse problemas sociales de la actualidad. Por ello se afirma que las relaciones entre ciencia, técnica, tecnología y sociedad deben tener una atención especial.

Comentario adicional 22 debido a la dinámica del Programa. El equipo de profesores ha discutido acerca de la importancia que tienen considerar que la baja actitud positiva hacia las ciencias por parte de los estudiantes puede estar influenciada por la poca preocupación que tiene el profesorado por incidir de forma explícita en el interés de la ciencia como vehículo cultural. En este sentido no resulta ser muy interesante la habitual presentación operativista de las ciencias, donde el profesor termina enfatizando en la introducción y aplicación de conceptos científicos a base de fórmulas sin sentido para los estudiantes. Por tanto es de esperar como resultado de todo ello, que la ciencia sea poco apreciada de cara a su comprensión como vehículo cultural, ya que sus resultados se ven como una serie de datos incomprensibles e inconexos. Con todo ello entonces se hace necesario empezar a pensar en nuevas orientaciones de enseñanza aprendizaje de las ciencias, que favorezcan cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales. En particular, de acuerdo con lo que se viene abordando recientemente, la pregunta es ¿qué hacer para lograr cambios actitudinales positivos en los estudiantes?

La investigación didáctica en ciencias experimentales, ha venido avanzando en diversas propuestas para mejorar las actitudes y los intereses de los estudiantes hacia las ciencias. Las propuestas que normalmente se han ido desarrollando se han solapado con los principales cambios curriculares que ha habido en la investigación científica. Por ejemplo una reforma importante ya tratada en este programa, la constituyó el movimiento de las grandes innovaciones curriculares de los años 60, de cuyos proyectos aparecieron los denominados "currículos alfabéticos" tales como el Physical Science Study Committee (PSSC), el Chem Study y los Proyectos de Química, Física y Biología de la Fundación Nuffield. En estas innovaciones se enfatiza en el logro de actitudes positivas hacia las ciencias, se precisa dejar de lado contenidos de orden conceptual para más bien centrar el aprendizaje en la adquisición de procedimientos científicos, es decir, en el aprendizaje de procesos. Recordemos que cuando nos estamos refiriendo al aprendizaje por descubrimiento considerado en esta época, se tenía en cuenta que lo importante era llevar a los estudiantes al laboratorio para adquirir los conocimientos y el gusto por las ciencias al igual que cualquier científico. La primera respuesta que surge cuando se pregunta al estudiante sobre lo que haría para mejorar la calidad de la enseñanza es, por ejemplo, tener más prácticas de laboratorio (lo cual es evidente teniendo en

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

cuenta el énfasis en los procedimientos experimentales que se siguen en la investigación científica), pero también es cierto que la investigación didáctica haya enfatizado en que el trabajo experimental en la enseñanza no consiste en hacer “más prácticas”, sino en desarrollar una auténtica connotación de una formación científica contextualizada, es decir, una formación que desde la perspectiva de la enseñanza por investigación orientada, plantee como objetivos de aprendizaje el logro de cambios metodológicos, conceptuales y actitudinales.

Para que todos estos propósitos sean posibles, es necesario que en el aprendizaje, además de cambios metodológicos profundos, donde prime la familiarización de los estudiantes con aspectos esenciales de la metodología científica, tales como plantear y precisar problemas, emitir hipótesis como alternativas de soluciones, diseñar y realizar experimentos para contrastar hipótesis, analizar resultados a la luz de las hipótesis fundamentadas, etc., éste ha de ser planteado como una actividad abierta y creativa con las características propias del quehacer científico, de tal forma que la construcción de conocimientos por parte de los alumnos constituya auténticos desafíos, aventuras de pensamiento; entonces se podría despertar el interés crítico por la ciencia y estaríamos en capacidad de cultivar valores ciudadanos que conecten fácilmente con las actitudes científicas, tales como los de la tolerancia para aceptar diferentes opiniones de las personas, o los del respeto por la diversidad cultural que implican el cuestionamiento de discriminaciones por razones de sexo, raza o religión.

Otros aspectos que podrían incidir favorablemente en la elaboración de actitudes positivas de los estudiantes hacia las ciencias y hacia el conocimiento científico, tienen que ver con el comportamiento y las perspectivas del profesor respecto del éxito de los alumnos; en tal sentido todos conocemos el efecto que se impregna cuando en educación, investigamos con grupos control y con grupos experimentales. Las expectativas de los profesores que llevan a cabo la investigación, tiende a que en el grupo experimental las diferentes actividades tengan un efecto positivo, lo que demuestra que las actitudes del profesor son un factor esencial que incide en el aprendizaje de los alumnos. Será importante entonces que como profesores, desarrollemos actitudes y expectativas positivas desde la enseñanza, lo cual podría favorecer cambios actitudinales en los estudiantes. De igual forma, podemos considerar la importancia que tiene el clima y el ambiente de aula, otro factor que resulta ser esencial para que las diferentes actividades curriculares favorezcan aprendizajes, entre ello los de tipo actitudinal.

Finalmente debemos considerar otro factor que según la investigación en didáctica de las ciencias, contribuye a solucionar el problema de las actitudes en los estudiantes hacia la ciencia, hacia sus implicaciones sociales y hacia su aprendizaje: replantear la manera como solemos secuenciar los contenidos de las asignaturas, por ejemplo trabajando temas transversales tales como los de la educación para la salud, relaciones ciencia, tecnología y sociedad, educación ambiental, etc. En particular, los estudios sobre las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, implican necesariamente referentes desde el campo de la filosofía, la historia, la sociología y la

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

epistemología de las ciencias, y al mismo tiempo considerar investigaciones que se han hecho en el ámbito de la educación científica. En definitiva, el problema de las actitudes y su papel en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias, es hoy una línea de investigación didáctica (Porlán, 1998, Vilches, 1994; Furió, 2001). Aikenhead (1985), demuestra que si se pretende formar a los estudiantes para que sepan desenvolverse en un mundo moderno, impregnado por desarrollos científicos y tecnológicos cada vez más vertiginosos, se requiere de aprendizajes que les permita consolidar actitudes responsables y toma de decisiones fundamentadas. En la actualidad, la formación de las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y hacia sus implicaciones sociales son capítulos especiales considerados en los estándares norteamericanos presentados por el National Research Council (1996) y en Colombia, por los Estándares de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación nacional, 2004).

Furió (2001), muestra en un estudio detallado los avances en el campo de las investigaciones sobre las actitudes en la didáctica de las ciencias, los cuales han contribuido con la mejora de las condiciones necesarias para prestar una mayor atención en los aspectos de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. En tal sentido refiere los estudios de Cronin - Jones (1991), Aikenhead (1985 y 1987), Hodson (1992), Solomon (1990), Caamaño (1995), Solbes y Vilches (1997). En general, estas investigaciones coinciden en considerar la necesidad de implicar a los docentes en los procesos de cambio.

A.51. Teniendo en cuenta las investigaciones revisadas y nuestras propias conclusiones elaboradas, Podemos ahora preguntarnos: ¿Qué interés puede tener la enseñanza de las relaciones Ciencia – Tecnología – Sociedad - Ambiente en la educación científica?

Comentarios A.51. El interés por la introducción en la educación en ciencias de las relaciones Ciencia - Tecnología – Sociedad - Ambiente en la educación científica, ha emergido precisamente como alternativa para abordar la problemática del desinterés de las personas hacia las ciencias y hacia su aprendizaje, debido en parte, a la desconexión existente entre la ciencia que se enseña y el mundo que nos rodea, a la falta de aplicaciones prácticas de los conocimientos científicos, etc. Por ello, interesa que los profesores del programa reconozcan las ideas fuerza de algunas investigaciones relacionadas con esta problemática, con el propósito que estén en capacidad de considerar la introducción de contenidos actitudinales en los programas de sus cursos, como elementos coadyuvantes al aprendizaje significativo.

Las investigaciones llevadas a cabo con profesores y estudiantes en ciencias, señalan la importancia de las interacciones C-T-S-A; trabajos como los reportados por Solbes y Vilches (1992 y 1995), y los de Penick y Yager (1986) señalan que las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, constituyen un apartado especial en los cursos de ciencias más

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

valorados por los estudiantes, todo ello parece confirmar la importancia que tiene el tratamiento de las interacciones ciencia, tecnología y sociedad en el aumento del interés de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su estudio, de tal forma que podemos examinar una vez más la hipótesis de trabajo que planteamos en el marco del presente programa: a través de cambios metodológicos en los estudiantes entendidos como cambios en las actuaciones desde la metodología de la superficialidad hacia la resolución de problemas siguiendo los procesos propios de la actividad científica, debemos desarrollar cambios conceptuales que propiciarían el aprendizaje de conceptos y teoría científicas. La idea es que a su vez, esos cambios conceptuales puedan referenciar y estimular el desarrollo de cambios actitudinales, que se verían influenciados desde dos puntos de vista: el primero, por los cambios metodológicos que se están introduciendo, es decir, por el interés y la motivación que se puede generar en los estudiantes a partir del uso de metodologías distintas a una metodología de la superficialidad, y segundo, mediante el análisis valorativo tanto de normas, como de valores y conductas en cuanto a las implicaciones de las teorías y de los conceptos científicos en la sociedad y en el ambiente.

Comentario adicional 23 debido a la dinámica del Programa. Así pues, el papel de las interacciones C-T-S-A, debe jugar un papel fundamental en el aumento del interés de los estudiantes hacia las ciencias, hacia sus implicaciones sociales y ambientales y hacia su aprendizaje. Desde el punto de vista de la educación y concretamente de la educación científica, es importante señalar algunas de las causas que pueden dar relevancia al tratamiento de las interacciones C-T-S-A. En primer lugar para muchos estudiantes la enseñanza de las ciencias puede parecerles poco interesante. Hemos dicho que ello resulta ser comprensible si se tiene en cuenta que frecuentemente se presentan las materias científicas de forma que los alumnos las ven como algo abstracto y puramente formal; pero también basta con fijarnos en la historia de las ciencias para darnos cuenta que el desarrollo científico ha venido marcado por las controversias, las luchas por la libertad de pensamiento, las persecuciones, la búsqueda de soluciones de grandes y pequeños problemas que la sociedad se ha planteado, y todo ello está lejos de resultar aburrido y monótono (Gagliardi y Giordan, 1986; Gil, Furió, Carrascosa y Martínez – Torregrosa, 1991). Se ve entonces la necesidad de recuperar aspectos socio histórico de las relaciones Ciencia, - Técnica - Tecnología – Sociedad - Ambiente, que permita una visión más contextualizada de la ciencia y suministre un mejor potencial motivador. La discusión del papel social de la ciencia, permite superar el habitual imaginario de la neutralidad del científico (Catalán y Catany, 1986) a la hora de abordar los avances de la ciencia, tanto de aquellos que nos permiten reconocer las posibilidades para mejorar la vida, como de aquellos que se han usado para destruirla. Los conocimientos sobre nosotros mismos y sobre el universo y los condicionamientos del desarrollo científico tecnológico y sus consecuencias, deben suministrar a la enseñanza de las ciencias un potencial y un interés manifiesto por el progreso social sostenible.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Las relaciones C-T-S-A en la enseñanza, deben dar relevancia a las clases de ciencias, ya que por un lado atrae la atención de los estudiantes que a lo mejor antes no habían visto la necesidad de estudiar ciencias, y por otro, estimula las discusiones sobre cuestiones humanas, técnicas, ideológicas y políticas, contribuyendo a la comprensión pública de las ciencias. Ello puede permitir salir al paso de actitudes de rechazo por las ideas científicas de los estudiantes, al confundir la ciencia y la tecnología con las consecuencias más negativas de algunos desarrollos, como por ejemplo los deterioros del medio ambiente o la carrera armamentista, o al pensar que la solución de muchos problemas sociales dependen únicamente de un mayor conocimiento científico y de tecnologías más avanzadas. Podemos entonces estar en capacidad de ayudar a comprender a los estudiantes que las tomas de decisión en la ciencia no constituyen un cuestión puramente técnica (Aikenhead, 1985) y más bien podrían contribuir para valorar el desarrollo científico y tecnológico y sus consecuencias, considerando ventajas e inconvenientes, y contribuyendo a generar actitudes críticamente positivas hacia la ciencia y la tecnología; en otras palabras, esto nos ayudaría no solamente a favorecer actitudes en todas sus componentes (cognitivas, valorativas – afectivas y conativas), sino también a discutir en torno a valores que se pueden derivar desde el trabajo científico y desde la implicación del conocimiento científico en la sociedad. Por otro lado las interacciones C-T-S-A, se plantean como relación necesaria entre el aprendizaje de las ciencias y el medio exterior, es decir como una profundización del conocimiento científico y los problemas asociados con su construcción, ya que el trabajo científico como cualquier otra actividad humana, no tiene lugar aisladamente con un determinado momento social, sino que afecta necesariamente a dicho trabajo. Del mismo modo las circunstancias históricas de la ciencia y de la sociedad, nos ayudan a comprender los problemas que el desarrollo científico y tecnológico ha generado, de ahí la importancia de considerar la historia de la ciencia para contribuir con el aprendizaje de contenidos actitudinales en la ciencia.

A.52. Debemos preguntarnos ahora, a partir de las consideraciones expuestas en esta fase del programa, si las reformas educativas llevadas a cabo recientemente en Colombia, pueden favorecer el desarrollo de cambios actitudinales en los estudiantes hacia las ciencias y hacia el conocimiento científico. Reflexionar sobre ello y proponer comentarios fundamentados en los conocimientos que hemos desarrollado.

Comentarios A.52. Esta discusión adelantada por los profesores, ha implicado referirse a las finalidades de la educación científica, así como a prestar atención a la manera como encontramos que las relaciones C-T-S-A se reflejan en los materiales habituales utilizados en el aula de clase.

Varios trabajos recientes señalan las mejoras significativas en, por ejemplo, las aplicaciones de los conocimientos científicos y las relaciones de la ciencia y la tecnología con la vida cotidiana; también señalan la escasa formación de actitudes en los estudiantes para tomar decisiones

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

para solucionar problemas, para efectuar valoraciones críticas sobre algunos aspectos históricos que han ocasionado controversias que han marcado el desarrollo científico. El análisis de estas cuestiones permite a los profesores darse cuenta que todavía queda mucho por hacer en este campo, a pesar de la existencia de numerosas propuestas sobre proyectos innovadores. Especialmente, porque como bien lo han afirmado, la escasa o abundante investigación, no es conocida por el profesorado. En tal sentido, podemos decir que a pesar de las reformas curriculares, de los avances en la investigación en educación científica, y de aspectos relacionados con el fomento del cambio actitudinal, los materiales de las clases de ciencias siguen sin incorporar suficientemente o de manera adecuada aspectos sobre relaciones C-T-S-A, que puedan contribuir en la consecución de mejorar las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, hacia el aprendizaje de la ciencia y hacia las implicaciones sociales de la ciencia. Debemos entonces preguntarnos por las consecuencias que deben tener para los alumnos la incorporación de aspectos propios de las relaciones C-T-S-A en las clases de ciencias.

Comentario adicional 24 debido a la dinámica del programa. Con todo lo que se ha señalado es lógico esperar y así lo han confirmado algunos trabajos ya citados, que los alumnos y las alumnas tienen una imagen de las ciencias y la tecnología bien alejada del mundo real, que no tiene en cuenta aspectos históricos, ni relaciones actuales con el medio y con la sociedad. Por tanto, para muchos alumnos, ello genera un desinterés hacia el estudio de la ciencia; aspectos como la desconexión entre la ciencia que se estudia y la vida real, la ausencia de aplicaciones funcionales de los contenidos estudiados, etc. son factores que inciden en el aumento y consolidación de actitudes negativas en los alumnos hacia el estudio de las ciencias; por ello, una posible solución para aumentar el interés hacia las ciencias, es conectar lo que se estudia con los problemas de la vida real, con el entorno y con la sociedad. Debemos esperar, que implementando modelos de enseñanza coherentes con la investigación contemporánea en didáctica de las ciencias, no sólo logremos favorecer aprendizajes significativos de las ciencias, sino también contribuir suficientemente en mejorar la formación de los ciudadanos y en propiciar la conformación de actitudes positivas de los alumnos hacia la ciencia y su aprendizaje.

A pesar de los esfuerzos hechos en el campo de las actitudes en el contexto de la educación en ciencias, no debemos dejar de preguntarnos cómo podríamos potenciar y fortalecer las relaciones C-T-S-A en las clases de ciencias. La orientación derivada de la profundización en los estudios en torno a las relaciones C-T-S-A, ponen el énfasis en la mejora de estas relaciones en las clases de ciencias. Ello ha generado mucho interés finalmente en los profesores, ya que permite plantearse cómo conseguir nuevos objetivos. Furió (2001), hace un balance de la investigación actual en didáctica de las ciencias, citando tres formas de introducir en las clases de ciencias las relaciones C-T-S-A (Kortland, 1992; Sanmartín, 1990; Furió y Vilches, 1997; López Cerezo, 1998). Las orientaciones van desde incorporar contenidos y

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

temas de C-T-S-A en cursos de ciencias en la actividad del programa habitual (tal es el caso del "Harvard Project Physics" en Estados Unidos, que integra breves estudios de ciencia, tecnología y sociedad, introduciendo en particular aspectos históricos en la exposición de temas científicos; *Science and Technology in Society* en el Reino Unido incorpora temas relevantes de C-T-S-A en ciertos momentos de los cursos de ciencias (promovido por la Association for Science Education), o el proyecto "Ciencia a través de Europa" que propone temas C-T-S conectados con programas escolares.

Otra forma de abordar estructuras de contenidos C-T-S consiste en enseñar ciencia a través de un enfoque C-T-S. Aquí, los cursos y los programas están centrados en la resolución de problemas C-T-S que se desarrollan después de tratar contenidos científicos; tal es el caso del proyecto "Physics Currículo Development Project (PLON)" coordinado por la Universidad de Utrecht en Holanda. Este proyecto contiene unidades para desarrollar en un curso de física y pretender mostrar la contribución de esta ciencia en los diferentes roles que el estudiante puede jugar en el futuro (como consumidor o simplemente como ciudadano). Otro proyecto Holandés desarrollado en 1986, es el "Environmental Education in Secondary Schools" constituidos por cursos científicos multidisciplinarios en los que se desarrollan unidades que parten de problemas ambientales relacionados con las ciencias y que procuran valorar relaciones implicadas con un problema y evaluar la solución de alternativas.

Otro proyecto de esta segunda gran categoría es el "Aprendizaje de los productos químicos, usos y aplicaciones", desarrollado en Estados Unidos, en el cual se enseñan contenidos, procesos y habilidades sobre aspectos C-T-S de la química y donde los estudiantes pueden tomar decisiones sobre los temas relacionados con productos químicos, tratando de comprender cómo interactúan con las personas y con el medio. También se encuentra el proyecto Británico "Advanced Chemistry" de la Science Educational Group de la Universidad de York, el cual ha sido diseñado para estudiantes entre 17 y 18 años y tiene como eje vertebrador tratar las implicaciones de la química en la vida diaria y sus implicaciones sociales; este Proyecto ha sido aceptado en diferentes países (Proyecto Química SALTERS experimentado en España y difundido en Latinoamérica).

En el tercer gran bloque, están los llamados proyectos C-T-S puros, en los que se enseña C-T-S y el contenido científico juega un papel subordinado. Tal es el caso del Proyecto "Science in a Social Context in Scholls – SISCON in Scholls" del Reino Unido, que utiliza la historia de la ciencia y la tecnología, y muestra cómo los estudiantes abordan situaciones sociales relacionadas con las ciencias y la tecnología. Estos son algunos de los más representativos ejemplos de proyectos curriculares C-T-S (Caamaño et al (1995), citado por Furió, 2001).

A.53. A partir de la revisión bibliográfica efectuada en torno a diversas posturas para introducir las relaciones C-T-S-A en el contexto de la enseñanza de las ciencias,

conviene discutir a continuación los diversos aspectos que nos ayuden a valorar las diferentes propuestas y sus posibilidades para ser llevadas al aula.

Comentarios A.53. El movimiento C-T-S, ha tenido su origen en la necesidad de desarrollar una conciencia crítica de los efectos del desarrollo científico y tecnológico, al tiempo que llegar a la comprensión del carácter de la ciencia y la tecnología; en su base se encuentran numerosas investigaciones en el campo de la filosofía de la ciencias que ponen en cuestión la visión tradicional de dichas disciplinas y a lo que lamentablemente la enseñanza de la ciencia ha contribuido como en este programa se ha puesto de manifiesto. De ahí la importancia particular para que los profesores de ciencias cuestionemos todos esos problemas y examinemos como podría llevarse a cabo la introducción de una ciencia más próxima a los estudiantes, más situada y más abordada en el contexto social que los rodea. A continuación, las principales elaboraciones de los profesores respecto a las relaciones C-T-S-A en la enseñanza de la ciencia.

Las investigaciones contemporáneas en filosofía de las ciencias, en psicología cognitiva, en la enseñanza de las ciencias y particularmente, en historia de las ciencias (Matthews, 1998), han venido generando alternativas para que los estudiantes conozcan qué se entiende por ciencia y tecnología en su contexto social, cuál es su utilidad, cómo ha evolucionado en los últimos tiempos, y qué implicaciones y consecuencias sociales, culturales y ambientales conlleva su enorme desarrollo en nuestras sociedades. Así pues, debemos en este punto reflexionar rigurosamente sobre el papel relevante que tiene el tratamiento de las relaciones C-T-S-A, sobre la influencia que puede tener en el aumento del interés de los estudiantes hacia las ciencias y hacia su aprendizaje; en consecuencia, considerar el tratamiento de dichas relaciones en el diseño de programas de actividades.

Se ha destacado que el aprendizaje significativo, entre muchas otras, tiene dos características fundamentales que lo diferencian del aprendizaje convencional, memorístico y repetitivo. Una, es que la nueva información que se aprende (elaborada concientemente), ha de conectarse con los conocimientos ya establecidos en la mente de los estudiantes, bien sea para enriquecer más un entramado conceptual previo (teoría previa en expansión explicativa), o bien para romper con un entramado conceptual previo desde el cual no se resuelve satisfactoriamente un problema (teoría previa del sentido común o teoría previa científica de bajo poder explicativo). Por otra parte, lo que se aprende ha de poderse situar en diferentes contextos con el propósito de aplicar lo aprendido en la solución de diversos problemas. Aquí juega un papel muy importante el tratamiento de las relaciones C-T-S-A como factor para desarrollar el aprendizaje de contenidos actitudinales de los estudiantes: si se logra que valoren las implicaciones de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de las sociedades, si se conecta la importancia de la ciencia con la importancia de aprenderla, posiblemente podrían generarse nuevas y mejores predisposiciones que favorecerían su aprendizaje. Pero los contenidos actitudinales no se

desarrollan por sí solos, pues no solo ilustrando algunas aplicaciones de las ciencias podrían generarse actitudes positivas hacia la ciencia y hacia su aprendizaje. Se requiere, como bien lo sugieren los profesores, el tratamiento de problemas que impliquen cambios en los procedimientos para su desarrollo, los cuales a su vez necesitan cambios conceptuales en la forma de abordarlos. En suma, es la “triada indisoluble” entre el desarrollo conceptual, el desarrollo actitudinal y el desarrollo procedimental, lo que favorece en los estudiantes auténticos aprendizajes significativos de las ciencias, elaborando y poniendo en uso las nuevas teorías aprendidas, manifestando conductas y tomando decisiones fundamentadas en la ciencia para resolver problemas, valorando las ciencias y sus implicaciones sociales y ambientales, y procediendo en forma coherente con la investigación científica (según la concepciones contemporáneas sobre la ciencia y la actividad científica) para resolver en la práctica, problemas en el aula de clase y relacionados con la vida cotidiana de las personas. Los profesores consideran, que éstos han de ser elementos básicos de un programa de actividades que favorezca el aprendizaje de los estudiantes como construcción conciente de conocimientos (lo que implica, elaboración o consolidación de actitudes positivas hacia la ciencia y hacia su aprendizaje, y cambios en la cultura experimental para el tratamiento de problemas).

LA REDIMENSIÓN DE LA EVALUACIÓN EN EL CONTEXTO DE UNA ENSEÑANZA INNOVADORA DE LAS CIENCIAS

A.54. Con todo este “entramado conceptual didáctico” que hemos abordado hasta ahora, nos interesa abordar cómo se puede encontrar una manera coherente de relacionar una evaluación que nos ayude a identificar y a promover el aprendizaje significativo de los estudiantes con enfoques innovadores para la enseñanza de las ciencias. Como así lo hemos considerado a lo largo de este programa de formación de profesores, reflexionar en torno a la evaluación implica tener en cuenta, como punto de partida, nuestras propias concepciones docentes espontáneas sobre la evaluación, con miras a su posible cambio y reestructuración en el contexto de un aprendizaje significativo en torno a la enseñanza de las ciencias. A continuación, las principales elaboraciones sugeridas por los profesores.

Comentarios A.54. Desde el punto de vista de las teorías curriculares, no se puede concebir el diseño de un currículo que no integre un apartado dedicado a la evaluación. De hecho, la evaluación es una componente inseparable en un proceso educativo y por tanto sirve en el fondo en el trabajo didáctico. A pesar que la mayoría de los profesores dan relevancia a la evaluación en el aprendizaje, pocos son lo que consideran la evaluación como parte esencial del proceso de mejora de la enseñanza. La investigación en didáctica de las ciencias encuentra

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

que es en la evaluación donde con mayor facilidad podemos encontrar concepciones docentes del sentido común. El análisis efectuado con los profesores del programa, nos permite poner en consideración algunas ideas habituales sobre la evaluación.

En efecto, a través de los exámenes esperamos identificar los objetivos y los contenidos que se han planteado para la clase, también esperamos encontrar a través de los enunciados los contenidos conceptuales aprendidos por los estudiantes. La investigación en evaluación muestra que este es un proceso que tiene gran incidencia en lo que se enseña, es decir en todo el proceso educativo. Trabajos adelantados por Rivas (1986), Alonso, Gil y Martínez – Torregrosa (1991), Gil (1991) y Furió (1992), muestran la influencia de los estereotipos sociales en la educación en ciencias, los cuales actúan subliminalmente en formas como los prejuicios de género respecto al aprendizaje de las ciencias y que se han detectado en profesores al corregir exámenes. En la investigación adelantada por Spears (1984), se presentan a profesores exámenes relacionados con chicos o chicas y sus resultados son más positivos para el profesor que supone que son pruebas elaboradas por chicos que cuando se supone que son elaboradas por chicas (a pesar de haber entregados las pruebas indiscriminadamente). Por otra parte, se ha encontrado que tan solo basta la insinuación de que un ejercicio a corregir lo ha elaborado un alumno mediocre o un alumno brillante, para que se encuentren diferencias representativas en las calificaciones que asignan los profesores (Alonso, Gil y Martínez – Torregrosa, 1996).

Con estos elementos de base para el análisis, pasamos con los profesores a efectuar una crítica fundamentada respecto a las principales características de la evaluación empleada en las enseñanzas habituales, con el fin de explicitar sus insuficiencias y de presentar alternativas que consideren nuevas orientaciones constructivistas en la evaluación, coherentes con nuevos modelos de aprendizaje de las ciencias como es el caso de la metodología de la enseñanza por investigación orientada. En la enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos, la evaluación es sinónimo de examen, los exámenes tiene como objetivo sancionar lo que el alumno sabe mediante una calificación. En la enseñanza por transmisión verbal de conocimientos, el profesor tiene como rol fundamental suministrar información relevante de un conocimiento; los alumnos aprenden dicha información expuesta por el profesor o por los libros de texto y la evaluación consiste casi exclusivamente en constatar lo que los alumnos han aprendido de estos conocimientos al final del proceso. En ese enfoque de enseñanza de las ciencias, en la evaluación no se valoran aspectos importantes del proceso de enseñanza y de aprendizaje como el funcionamiento de la clase, la actitud del profesor, los materiales didácticos empleados etc. Esta concepción de la evaluación se reduce exclusivamente a valorar los contenidos conceptuales que el alumno ha aprendido al final del proceso. Se trata de una evaluación de carácter sumativo y terminal, ya que su finalidad exclusiva es la de sancionar o calificar al alumno. No se pone el énfasis en el carácter formativo y continuo que debería tener la evaluación con el fin de poder incidir a lo largo del proceso en la mejora de la

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

enseñanza y el aprendizaje. Otro aspecto que los profesores destacan, es que casi siempre se realizan pocos exámenes y por tanto, al disponerse de pocas valoraciones y de pocos datos adquiridos, se crea en los estudiantes la imagen que simplemente se trata de un evento para que el profesor controle los conocimientos acumulados por ellos.

De otra parte, el análisis permite concluir que las pruebas de examen que se suelen proponer son coherentes con el tipo de enseñanza empleado. Un análisis de los contenidos de los exámenes que habitualmente se aplican, muestra que éstos enfatizan en la repetición de conceptos, principios y teorías, o en la aplicación mecánica y rutinaria de ejercicios de lápiz y papel. Se concluye que casi nunca consideran contenidos procedimentales y actitudinales de los conocimientos científicos y prácticamente no hay espacio para considerar la auto evaluación por parte de los estudiantes. Análisis de algunas investigaciones al respecto (Aguilá, Gil y González, 1986; Alonso et al (1991 y 1992), han mostrado que la características metodológicas y actitudinales casi no se consideran; por ejemplo hay ausencia casi total de aspectos de la metodología científica, no se evalúa la emisión de hipótesis o el desarrollo de diseños experimentales; no se valoran aspectos relativos a las interacciones ciencia, tecnología, sociedad, ni tampoco se incluyen cuestiones de tipo histórico en la construcción de conocimientos, no se presta atención a las concepciones alternativas de los alumnos, o al establecimiento de relaciones entre conceptos sobre todo de tipo cualitativo en donde se ponen en evidencia principalmente ideas y razonamiento espontáneos, y no se incluyen actividades de autorregulación que permitan hacer consciente al propio estudiante si ha avanzado en sus conocimientos, hábitos o comportamientos.

Debemos recordar aquí las consideraciones que hacían los profesores a partir de sus ideas docentes espontáneas. Sabemos que abunda en los profesores una concepción sobre la naturaleza del trabajo científico muy próxima a las posturas inductivistas y ateóricas (Fernández, 2000, Furió y Carnicer, 2002). Por otro lado, la concepción que se tiene acerca de cómo avanza el conocimiento científico, está ligada con ideas que suponen que se trata de un proceso lineal y poco controvertido; de igual forma, ya que la enseñanza habitual es muy libresca, poca atención se dedica a las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, aspecto que como lo resaltan los profesores, podría hacer más atractiva la ciencia para los alumnos (Yager y Penick, 1986). Como consecuencia de todo ello, la evaluación habitual de las ciencias supone la verificación de conceptos, principios y teorías, sin considerar las ideas habituales de los alumnos. Otro aspecto que se destaca es la verificación de las capacidades operativas de los alumnos para resolver ejercicios de lápiz y papel, mecánicos y por lo general, algorítmicos.

De otra parte, se invita a los profesores a considerar la duración de los exámenes y su relación con el tipo de preguntas que se formulan y lo que se desea constatar por parte de los profesores. Si la evaluación se basa en el recuerdo de información relevante o en el

aprendizaje memorístico de conceptos, el tiempo necesario para desarrollar las pruebas será más bien corto. No es lo mismo cuando la prueba exige cierta claridad para obtener una relación no enseñada o por ejemplo cuando prioriza en una metodología empleada que implica activar un pensamiento divergente de cara a la resolución de problemas. En la evaluación bajo enfoques como el de la enseñanza por descubrimiento autónomo, se minimiza una evaluación que constata aprendizajes ya que es el propio alumno quien aprende de forma autodidacta nuevos conocimientos. En consecuencia, es el propio alumno quien programa el avance en el desarrollo de contenidos, el profesor entrega al principio de un curso o de una unidad el tema de la evaluación, la cual al ser respondida garantizaría los conocimientos que el estudiantes ha de descubrir por sí solo.

En general, a partir de los conocimientos en didáctica de las ciencias elaborados por los profesores, parece surgir, desde una orientación constructivista, que la evaluación debería tener una prioridad en lo formativo, ya que habría de ayudar a diagnosticar las dificultades presentadas a lo largo del proceso de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias para incidir en su mejora.

A.55. En consecuencia con lo anterior, convendría ampliar el concepto de evaluación para no reducirlo a una práctica sumativa y terminal del proceso de aprendizaje. En otras palabras, procuremos desarrollar algunas implicaciones de lo que ha de ser la evaluación con un énfasis en su carácter formativo.

Comentarios A.55. Se procura en esta actividad, favorecer reflexiones concientes de los profesores que favorezcan la construcción de una concepción de evaluación próxima a una herramienta dinamizadora para retroalimentar tanto el aprendizaje como la enseñanza y el currículo. El caso de una concepción y una práctica innovadora acerca de la evaluación del aprendizaje, se considera en el contexto de posturas constructivistas de la enseñanza de las ciencias. Es decir, se parte de principios relevantes de la investigación didáctica contemporánea tales como que los estudiantes son los responsables de su propio aprendizaje, quien aprende construye activamente significados, y los aprendizajes implican la consideración de ideas, actitudes y prácticas previas; desde estos principios, aprender significa construir activamente de manera que se favorecen cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales respecto de esquemas alternativos, actitudes y culturas experimentales iniciales de los alumnos. En consecuencia, es evidente que una evaluación formativa ha de servir para ayudar al alumno a saber en qué estadio conceptual se encuentra para resolver un problema, con qué actitudes se predispone para hacerlo y cómo aborda la solución del problema en la práctica. Con estas ideas, los profesores visibilizan una doble característica de la evaluación que no se considera habitualmente: por una parte la evaluación se desarrolla en referencia a criterios conceptuales y no en referencia a los demás compañeros (se abandona la idea de la concepción competitiva de la evaluación, Satterly y Swann, (1992); por otra parte se

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

desarrolla una evaluación con características metacognitivas que ha de servir para que el propio alumno tome conciencia de cuáles son sus esquemas conceptuales, sus actitudes y sus esquemas de acción, y reconozca conscientemente si han cambiado o no.

En este orden de ideas la evaluación no solo debe considerar contenidos conceptuales, sino que habrá de considerar el aprendizaje de factores que puedan valorar los cambios metodológicos y actitudinales logrados en los estudiantes. Para que ello sea posible, las actividades de enseñanza y de aprendizaje han de ser coherentes con la naturaleza de las ciencias, de forma que no sólo termine abordándose el tratamiento de conceptos y principios, sino también, problemas asociados con las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, y estrategias de investigación en el aula seguidas para resolver problemas en el contexto de la enseñanza de las ciencias. En este momento, asumen los profesores, que mientras el aprendizaje tiene un carácter descriptivo (se describe lo que aprenden y cómo aprenden los estudiantes) y la enseñanza un carácter prescriptivo (se planifican las estrategias de enseñanza en la perspectiva de favorecer ciertos tipo de aprendizaje), la evaluación ha de jugar un papel importante en ambos procesos del acto educativo.

Comentario adicional 25 debido a la dinámica del Programa. Por otra parte, la valoración formativa de la evaluación, ha de servir para contrastar la eficacia de la o de las estrategias seguidas en la programación de un curso, las cuales han de fundamentarse en hipótesis de trabajo elaboradas por el profesor, en el marco del desarrollo de sus propios diseños curriculares. En este contexto, se entiende que la enseñanza es una actividad de investigación permanente del profesor, que conducirá a favorecer mejores resultados en los aprendizajes de los estudiantes, formados como personas competentes que reconocen el valor social de los conocimientos, mediante oportunas revisiones e innovaciones fundamentadas teóricamente en el cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias (Furió, 1990, 1992). La evaluación pasa entonces a ser un instrumento que retroalimenta esencial el proceso de enseñanza y de aprendizaje ya que nos ayuda a valorar el funcionamiento de la clase de acuerdo con la naturaleza de la estrategia de enseñanza prevista. De otra parte, dentro de una perspectiva constructivista de la evaluación, conviene también hacer referencia al aprovechamiento de los exámenes como ocasiones privilegiadas para aprender más, recordando la necesidad que éstos tengan una mayor duración, en coherencia con las pretensiones de favorecer, como parte de los aprendizajes, cambios metodológicos en los estudiantes (Pozo, 1992).

Los comentarios acerca del carácter casi exclusivamente sumativo de los exámenes tradicionales, y del hecho que las evaluaciones se realizan al final del proceso o de manera discontinua, permiten concluir, desde una perspectiva constructivista, y desde el cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias, que se desaprovecha la potencialidad de los exámenes para un mayor y mejor aprendizaje en los alumnos. Cuando los exámenes son corregidos rápidamente después de su realización y los errores en que se incurre son

comentados explícitamente en un ambiente de respeto por las ideas, los alumnos podrían desarrollar una mayor conciencia sobre las causas conceptuales, metodológicas o actitudinales que están en la raíz de aquellos errores, así como valorarían de modo diferente el sentido de la evaluación; sin embargo si la corrección de los errores se realiza ya pasado el tiempo, es muy posible que los comentarios no surtan ningún efecto debido a que para entonces ya se han olvidado las respuestas dadas en su momento.

Con el equipo de profesores y apoyados en documentos elaborados por expertos en Didáctica de las Ciencias, se discute en profundidad la naturaleza de una evaluación que pretenda valorar cambios metodológicos, ya que hacer primar aspectos esenciales de la metodología científica, no debe practicarse con un examen que estimule la repetición memorística de procedimientos. En este sentido es necesario cuidar la duración de las pruebas, de manera que el factor tiempo no suponga una variable que pudiera incrementar la angustia y la tensión emocional de los estudiantes. De hecho, es comprensible que se requiera tiempo para abordar cuestiones relacionadas con las propuestas de diseño de algún experimento, o con el planteamiento de un problema abierto, ya que ello exige mayores exigencias cognitivas tales como la creatividad, el análisis o la inferencia.

A.56. Logrado el objetivo de la explicitación de un análisis crítico en torno a la evaluación, en particular a algunas ideas espontáneas docentes sobre la evaluación, podemos pasar a hacer una revisión de algunos resultados de la investigación y de la innovación en didáctica de las ciencias respecto a este componente fundamental de un currículo. Pretendemos ahora brindar elementos para un debate que permita interiorizar ideas sobre la evaluación coherentes con la investigación contemporánea en educación en ciencias.

Comentarios A.56. Tal y como todo lo parece indicar, la evaluación es uno de los aspectos que más dificultad genera para profesores y estudiantes, debido a que es allí donde se manifiestan las insuficiencias de los modelos de enseñanza y de aprendizaje habitualmente seguidos. Autores como Ausubel (1978), Geli (1986 y 1992), Satterly y Swann (1988), Gil (1991), Jorba y Sanmartí (1993), Alonso, Gil y Martínez – Torregrosa (1992 y 1996) lo han insinuado y demostrado en sus investigaciones. En particular este es quizás el aspecto que establece una línea de confrontación mas clara entre el profesor y el alumno, contribuyendo a menudo a tensionar el clima de aula; en consecuencia, la investigación viene demostrando que éste es un factor en el cual las ideas docentes espontáneas se muestran con mayor persistencia.

Examinemos a continuación algunas de las percepciones espontáneas que sobre la evaluación habitualmente manifestamos los profesores de ciencias. Se ha visto la importancia de la reflexión sobre nuestras actuaciones cotidianas la cual es muy poco probable de lograr sin un

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

riguroso análisis de lo que siempre se ha hecho, especialmente en el caso de la docencia, cuando la mayoría de los profesores, especialmente en la Universidad (al menos en el caso Colombiano), acceden al desempeño de esta actividad fundamentados en que conocen con una profundidad apreciable, los conocimientos que han de enseñar. De esta situación son concientes los profesores del programa, de allí la valoración positiva que ellos manifiestan respecto de la experiencia que están viviendo. Habiendo precisado la problemática de la docencia habitual en torno a la evaluación, vale la pena desarrollar ahora una caracterización que permita identificar ideas y pensamientos al respecto derivados de concepciones docentes del sentido común. Tal y como lo hemos hecho en relación con otros temas, la idea es que a partir de algunas ideas previas, sea posible considerar la tensión que pueden éstas generar. Dado que la evaluación es uno de los aspectos más relevantes del proceso educativo, es posible que podamos encontrar rasgos desde la óptica del sentido común que nos den luces sobre lo que pensamos es la evaluación docente desde una perspectiva del sentido común.

Analizamos entonces con los docentes participantes, los siguientes aspectos que se han venido obteniendo a partir de investigaciones en didáctica de la ciencia, entre ellas destacan:

- Resulta fácil evaluar las materias científicas con objetividad y precisión debido a la naturaleza misma de los conocimientos evaluados.*
- El fracaso de un significativo número de alumnos siempre es inevitable en materias difíciles como son las ciencias, dado que las ciencias no están al alcance de todo el mundo.*
- El profesor que aprueba muchos estudiantes, convierte la asignatura en un curso “Light” que los alumnos no estudian ni valoran.*
- Conviene ser muy exigente al principio de un curso para evitar que los alumnos se confíen.*
- Una prueba bien diseñada permite ser discriminatoria y producir una distribución de las notas de tipo gaussiano centrada en el cinco.*
- La función esencial de la evaluación es medir la capacidad y el aprovechamiento de los alumnos asignándoles una calificación que sirva de base objetiva a su selección y promoción.*

Frente a estas concepciones, ha surgido en un cierto sector del profesorado un rechazo hacia la evaluación como expresión de selección elitista y de autoritarismo. De aquí que podemos entonces analizar estas concepciones, basándonos en investigaciones precedentes en el marco de tópicos sobre evaluación en didáctica de las ciencias experimentales.

Acerca de la precisión y la objetividad de las pruebas, podemos referirnos a los estudio sobre “docimología” como los elaborados por López, Llopis, Llorens, Salinas y Soler (1983), quienes han mostrado notables diferencias entre las puntuaciones dadas por distintos profesores a un

mismo ejercicio, o también el caso de las notas que un mismo profesor da a un mismo ejercicio en momentos diferentes. Mayor importancia tiene aun la influencia de las expectativas del profesor. Podemos recordar aquí la investigación realizada por Spears (1984), quien demuestra en un grupo de profesores que un mismo ejercicio es valorado sistemáticamente más bajo cuando es atribuido a una alumna que cuando se atribuye a un alumno; de igual forma refiere el “efecto Pigmalión” que se traduce en valoraciones netamente más altas a aquellos ejercicios atribuidos a alumnos brillantes. En otra investigación, realizada por Alonso Gil y Martínez – Torregrosa (1992) se demuestran resultados muy parecidos. Todo ello cuestiona la supuesta precisión y objetividad de la evaluación; por un parte nos permite cuestionar hasta qué punto las valoraciones están sometidas a amplísimos márgenes de incertidumbre y por otra, hace ver que la evaluación constituye un instrumento que afecta decididamente aquello que se pretende medir. En otras palabras, los profesores no solamente nos podemos equivocar al calificar, dando por ejemplo puntuaciones mas bajas a ejercicios que creemos hacen las alumnas, sino que contribuimos a que nuestros prejuicios, muchas veces de carácter social, se puedan convertir en realidad; las mujeres acaban teniendo logros inferiores y actitudes más negativas hacia el aprendizaje de la física o de la química, que aquellos alumnos hombres considerados mediocres y que finalmente terminan obteniendo evaluaciones muy superiores.

En este sentido, tal y como se puede resaltar de los resultados de las investigaciones elaboradas por Furió (2001), la evaluación resulta ser más que la medida objetiva y precisa de unos logros, para pasar a ser una expresión de expectativa subjetiva, con una gran influencia sobre el comportamiento de los estudiantes y de los mismos profesores. No cabe duda que siempre que nos referimos a objetividad en la evaluación, estamos suponiendo la predisposición que tiene el profesor frente a los procesos de los alumnos en las asignaturas de ciencias, que también se consideran objetivas. Tras esta búsqueda de la objetividad, encontramos una evidencia que se hace cada vez más evidente, la idea de que solo una parte de los alumnos está capacitada para seguir con éxito estudios científicos. Según esto, una prueba se considera bien diseñada cuando más se ajustan sus resultados a una campana de Gauss centrada en el cinco como valor más representativo; por tanto, cuando un profesor aprueba la mayoría de los alumnos en una materia científica, no es considerado un profesor serio.

Afortunadamente podemos mencionar que en el marco de la línea de investigación en evaluación en Didáctica de las Ciencias, los resultados de muchas de esas investigaciones han permitido poner en evidencia estas preconcepciones y su influencia en las expectativas a que dan lugar en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias. Furió, 2001, muestra como los resultados de la “Effective School Research” “son una buena muestra de lo que ocurre cuando las habituales expectativas negativas dejan paso a la convicción de que la generalidad de los alumnos pueden tener éxito si son debidamente ayudados”.

A.57. Podemos entonces pasar a considerar el papel de la evaluación a través del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. A partir de la información suministrada y del análisis comprensivo de la misma de cara a una elaboración conciente de nuevas ideas sobre evaluación por parte de los profesores, se propone un trabajo en equipo para lograr este propósito. A continuación, las principales conclusiones de la reflexión realizada.

Comentarios A.57. Acerca de la evaluación, ésta no es una cuestión que los profesores suelen plantearse explícitamente, dado que siempre se considera que la evaluación es un acto implícito en el proceso mismo de enseñanza y aprendizaje, y cuando ello ocurre siempre se hace en relación al papel selectivo del sistema educativo. La evaluación en la enseñanza tradicional, suele ajustarse a la contrastación del aprovechamiento del alumno, asignándole una calificación que pretende servir de base objetiva para su selección, es decir, a partir de ella podemos identificar qué estudiantes merecen una valoración objetiva y quiénes no.

Frente a ello se han desarrollado alternativas críticas contra la excesiva atención a la medida y a los resultados numéricos, pasando a dar un énfasis a aproximaciones más cualitativas que ayuden a comprender lo que ocurre. A la luz del cuerpo de conocimientos que hemos venido desarrollando hasta esta altura del Programa, debe concederse una atención significativa a las funciones de la evaluación, tratando de romper así con las concepciones espontáneas que se han explicitado. En tal sentido, debemos preguntarnos por las funciones de la evaluación desde una perspectiva coherente con las orientaciones constructivistas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Desde la concepción del aprendizaje significativo y relevante que procuramos lograr en los estudiantes, es difícil encontrar funcionalidad a una evaluación basada en el enjuiciamiento objetivo y terminal de las actividades de los estudiantes; por el contrario, el profesor como director de investigadores novatos, ha de considerarse corresponsable de los resultados que sus alumnos obtengan. En términos de Furió (2001), el profesor no debe situarse frente a ellos, sino debe estar con ellos. Desde este punto de vista alternativo, la pregunta ahora no persigue identificar quién merece una valoración positiva y quién no, sino precisar las ayudas que requiere cada estudiante para seguir avanzando y para alcanzar los logros deseados.

Para que estas nuevas ideas sobre la evaluación sean posibles, es necesario que en la práctica se haga un seguimiento atento y una retroalimentación constante a las actividades de los alumnos, de forma que oriente e impulse las tareas. Esto es lo que ocurre en los equipos de investigación que funcionan correctamente, y esto es lo que tiene sentido también en una situación de aprendizaje creativo, orientado a la construcción de conocimientos a través de la investigación. Los alumnos han de poder contrastar sus producciones con las de otros equipos (otros grupos de estudiantes o resultados de comunidades científicas especializadas), al igual que se hace en los equipos de investigación, donde el Director trabaja a la par con los co-

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

investigadores, valora el trabajo que los demás realizan y recibe la ayuda necesaria para seguir avanzando o para rectificar si es necesario. En este orden de ideas, la evaluación formativa (Novak, 1982), constituye un factor consustancial para el desarrollo de una actividad científica y en consecuencia, debe formar parte del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias; como podemos apreciar, se trata de marcar rupturas fuertes respecto a la evaluación autoritaria y mecánica de técnicas y conceptos (Ausubel, 1978) que enfatiza en la organización acrítica de ideas, reprime la originalidad y genera niveles de ansiedad con objetividad y tensión interpersonal. Se trata, en definitiva, de concebir y utilizar la evaluación como instrumento de aprendizaje (Pozo, 1992).

La consideración de una auténtica evaluación formativa del aprendizaje representa un indudable progreso, que debe completarse contemplando la evaluación como un instrumento de mejora de la enseñanza. Así pues, además de ser instrumento de aprendizaje, debe considerarse en términos de Black (1996), mejora de la enseñanza, ya que las dificultades en los procesos de enseñanza y de aprendizaje no pueden atribuirse solamente a las dificultades de los estudiantes. Si el profesorado de ciencias desea que la evaluación sea un instrumento de seguimiento y mejora del proceso de enseñanza - aprendizaje de las ciencias, no puede olvidar que la ciencia es una actividad construida histórica y socialmente en forma colectiva y que en consecuencia, dicho proceso implica reconocer el papel del profesor, de los alumnos y el funcionamiento del trabajo en el aula como factores determinantes de una actividad colectiva, de cooperación y de orientación donde se persigue, sobre la base de problemas, resolverlos usando conocimientos disponibles para ello, los cuales se van elaborando progresivamente a medida que tiene lugar un proceso significativo de elaboración de conocimientos científicos y de contrastación de dichos conocimientos respecto a conocimientos previos, tales como los provenientes del pensamiento de sentido común. En este punto, los profesores pueden con relativa facilidad, concluir ahora que la evaluación tiene entonces que permitir la transformación en las actitudes, las prácticas y los conocimientos del profesorado, debido a que estas cambios tendrían que favorecer que los estudiantes, junto con los profesores, tengan ocasión de discutir acerca del desarrollo de la clase, del ritmo que el profesor imprime al trabajo y de la manera de dirigirse con ellos. Todo esto, se insiste, en un ambiente de cooperación y de trabajo cooperativo.

A partir de estas ideas, puede inferirse que la evaluación debe ser también un instrumento que ayuda a evaluar el propio currículo, desde las finalidades educativas del curso, las implicaciones educativas del mismo, las concepciones de enseñanza y de aprendizaje, hasta el tipo de estrategias seguidas para favorecer el aprendizaje de los estudiantes, y la manera cómo se evidencian dichos aprendizajes. De esta forma los estudiantes podrían acertar mucho mejor la necesidad de la evaluación, que habría de aparecer ser realmente un instrumento en la mejora de una actividad colectiva de acompañamiento, es decir, en la mejora de un recorrido

(currículo) tanto de las actividades de enseñanza como de los resultados del aprendizaje de los estudiantes.

A.58. Considerar la evaluación como un instrumento de ayuda para favorecer aprendizajes, implica romper con muchas ideas del sentido común sobre la evaluación. En este sentido, cabe ahora que nos preguntemos, ¿Cuáles deberían ser las características de la evaluación para que se convierta en un instrumento de aprendizaje?

Comentarios A.58. Quizás una primera característica que deberíamos suponer es la de desarrollar la evaluación como una actividad que juega un papel orientador e impulsador del trabajo de los alumnos, de tal forma que ésta pueda ser considerada y vivenciada como una ayuda real y generadora de expectativas positivas. Desde la perspectiva del profesor, debería lograr transmitir el interés por el progreso de los alumnos y el convencimiento de que un trabajo adecuado terminará produciendo los logros esperados, superando las dificultades que habrán de tenerse durante el proceso de aprendizaje de las ciencias. Se presentan a continuación los resultados de lo que fue evidenciándose en las concepciones y en la práctica de los profesores en torno a esta actividad.

“Hacer sentir” bien a los alumnos de modo que puedan sentir la seguridad de hacer bien las cosas, requiere una planificación muy cuidadosa del curso, empezando con ritmos pausados, revisando detalladamente los requisitos para lograr avanzar, de manera que no se conviertan en obstáculos. Para ello podrían plantearse tareas simples que puedan ir generando confianza y tranquilidad en los estudiantes, dar confianza para hacer concientes a los estudiantes de que unos resultados negativos no necesariamente deben generar sentimientos de frustración, y que en consecuencia estos resultados no pueden “condenar” a los estudiantes; es muy importante que los mismos alumnos desarrollen motivaciones internas hacia el conocimiento de modo que valoren el esfuerzo que implica elaborar conocimientos para resolver problemas interesantes del contexto, que les permita precisamente empezar a producir más y mejores resultados. Siempre con el convencimiento que todo ello se puede lograr diseñando y poniendo en acción estrategias de enseñanza de las ciencias que favorecen cambios procedimentales, conceptuales y actitudinales en los estudiantes. Es necesario pensar en la evaluación como ayuda para regular cada uno de los procesos de la estrategia seguida, una evaluación que permita poner en práctica la esencia del trabajo cooperativo, que permanentemente nos ayude a hacer explícita la metodología de la superficialidad y así mismo a poner en práctica no solo las metodologías seguidas para las actividades científicas, sino la valoración que dichas metodologías novedosas tienen para avanzar conceptualmente en el desarrollo de teorías y de conceptos científicos, los cuales a su vez deben discutirse como ejes transversales que permitan la discusión y la interiorización de actitudes y valores.

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

Si queremos que la evaluación sea un instrumento de aprendizaje que no solo enfatice en los aspectos conceptuales de los conocimientos científicos, sino que también de espacio para avanzar en el desarrollo de aspectos metodológicos y actitudinales, ha de destacar en procesos y en procedimientos, conceder los tiempos necesarios que precisa cada estudiante para su aprendizaje, favoreciendo ideas acerca de que los resultados negativos no se deben ver como insuficiencias sino como retos de cara a avanzar en el desarrollo cultural, social y personal de los estudiantes, en este caso, mediado por el aprendizaje significativo de las ciencias. Podría pensarse que todo ello puede traducirse en pérdidas de tiempo que podrían perjudicar a los alumnos bien preparados, pero en realidad es todo lo contrario, pues esta "pérdida de tiempo inicial" permite disminuir a lo largo del curso la existencia de un número importante de alumnos que no siguen. La evaluación debe entonces favorecer un clima de progreso favorable para todos, incluyendo a los alumnos mejor preparados; todo esto por supuesto debe ser explicitado para evitar inquietudes y tensiones innecesarias y para transmitir expectativas positivas a todos los estudiantes.

Por otra parte, otra caracterización que ha de poseer la evaluación para que pueda ser un instrumento real de aprendizaje, es su extensión a todos los aspectos que componen una estrategia de enseñanza de las ciencias, es decir que tiene en cuenta los cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales de los estudiantes, rompiendo con la habitual reducción de la evaluación como una medida fácil y rápida por la repetición memorística de conocimientos teóricos y por la aplicación repetitiva de ejercicios de lápiz y papel. Se trata en consecuencia de ajustar la evaluación a las finalidades y prioridades establecidas para el aprendizaje de las ciencias. Se hace entonces necesario tener presente los grandes objetivos de la educación científica para hacer posibles los cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales como finalidades de la educación científica. En tal sentido, la evaluación no puede considerarse ni ponerse en práctica como espacio para hacer comparaciones entre los mejores y los peores estudiantes. Las ventajas de la evaluación basada en criterios de aprendizaje (pensada en qué tipos de aprendizaje queremos lograr en los estudiantes) sobre la evaluación atendiendo la norma han sido señaladas por Satterly y Swann (1988). Entre las ventajas destacan las siguientes:

- *Al establecerse criterios de actuación específicos y explícitos, se facilita una fijación de objetivos mucho más claros para los estudiantes y para los profesores.*
- *La comparación del trabajo de los estudiantes con criterios específicos permite un mejor diagnóstico sobre sus dificultades.*
- *Dominar un criterio estimula a los estudiantes a competir contra sus propias actuaciones anteriores, en vez de hacerlo contra otros estudiantes. Así pues se hace más importante la evaluación que permite la retroalimentación y la autorregulación propia de cada estudiante con la debida orientación del profesor, que no la comparación de un estudiante en relación con los otros estudiantes.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *La evaluación referida a criterios permite reconocer los progresos de todos y no solo los de unos pocos estudiantes afortunados.*

Comentario adicional 26 debido a la dinámica del Programa. Con estas consideraciones, se hace énfasis con el grupo de profesores que es preciso no olvidar, a la hora de fijar criterios de aprendizaje que superen la concepción cotidiana de que solo aquellos que aprueben la totalidad de las evaluaciones serán preferidos como alumnos realmente importantes, que la evaluación va mucho más allá de lo que supone una actividad individual. Por tanto, hay que incluir otros aspectos como el clima de clase, el funcionamiento de los grupos, las intervenciones del profesor, lo cual contribuye a romper con la apreciación de la evaluación como simple enjuiciamiento de los alumnos e identificación de los contenidos que han almacenado, todo ello con el ánimo de tratar de hacer sentir a todo el grupo que se trata de un seguimiento a una actividad colectiva que desarrollan el profesor y el grupo de estudiantes en torno a un currículo.

La aceptación de la evaluación como algo necesario para alcanzar los objetivos asumidos se verá favorecida si se empieza a evaluar no con un sentido de lo individual. Por el contrario, si se trata el funcionamiento de pequeños grupos con las intervenciones del profesor, si se valora todo aquello que los alumnos hacen sobre un póster, una nota personal de clase, una comunicación, además de los resultados de pruebas; en general, si los alumnos participan de su propio proceso de aprendizaje habrá más oportunidad de reconocer sus avances y de rectificar sus ideales iniciales, de aceptar el error como inevitable en todo proceso de construcción de conocimientos, en otras palabras, todo ello habrá de dar posibilidad para que los estudiantes puedan autorregular sus transformaciones metodológicas, conceptuales y actitudinales.

Así como lo sugiere Furió (2001), lo anterior no quiere decir que ello signifique dar importancia o menos importancia a conocimientos y destrezas que cada alumno debe adquirir; por el contrario, se trata de favorecer al máximo cada adquisición. Cuando se evalúan aspectos como el clima del aula o el funcionamiento de los grupos, no se trata de esconder lo que un alumno no ha logrado aprender, sino que se intenta favorecer el progreso en los diferentes aspectos de la ciencia (conceptuales, actitudinales y procedimentales) de todos y cada uno de los alumnos. De otra parte si aceptamos que la misión fundamental de la enseñanza no es averiguar quiénes son capaces de hacer la cosas bien y quiénes no, sino de lograr que la gran mayoría consiga hacerlas bien, en consecuencia si aceptamos que el papel fundamental de la evaluación es incidir positivamente en el proceso de aprendizaje, podemos entonces afirmar que la evaluación debe hacerse a lo largo de todo el proceso y no por valoraciones terminales.

Ello supone superar otra idea recurrentemente habitual sobre la evaluación: ésta se desarrolla parcializadamente, realizando pruebas en periodos discontinuos que procuran más bien la

identificación de los conocimientos acumulados por los estudiantes. Por el contrario, como lo indican Satterly y Swann (1988), la evaluación ha de tener más bien como propósito, el de integrar adecuadamente las actividades desarrolladas a lo largo de todo un proceso con el fin de incidir positivamente en el mismo, dando la retroalimentación adecuada y adoptando las medias correctivas necesarias. El propósito de un aprendizaje de las ciencias comprendido como cambios de orden conceptual, metodológico y actitudinal, no es susceptible de ser evaluado discontinuamente, pues el desarrollo global de los estudiantes debe considerarse integrado e integrador. La evaluación como ayuda para el aprendizaje, permite comprender al estudiante en un todo global en sí mismo, valora los avances propios en todas las dimensiones (cognoscitiva, socio – afectiva y praxiológica), y no con el propósito único de pretender la objetividad de los aprendizajes, casi siempre exclusivamente conceptuales, donde los resultados intentan comparar quiénes son mejores y peores estudiantes.

Una evaluación continua podría incluso ayudar a evitar la percepción habitual que se genera en el ámbito de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias que hace suponer que lo ya evaluado no se vuelve a revisar (la evaluación es el paso final de una actividad). Si la evaluación funciona no solamente como ayuda para el aprendizaje, sino como ayuda para la enseñanza y para el currículo, supone una revisión global que considera conocimientos, aspectos propios de la metodología científica e implicaciones sociales de los conocimientos, de forma tal que todo se valora como proceso colectivo de desarrollo de las personas. Alonso (1994) ha referido la importancia que tiene el que los estudiantes reconozcan y valoren sus propios avances y tengan la posibilidad de rectificar sus propias idas iniciales y de aceptar los errores – inevitables - en el proceso de construcción de conocimientos.

A.59. Con todas estas características de una evaluación coherente con las expectativas que generan los modelos de enseñanza de las ciencias desde perspectivas constructivistas y particularmente con programas de formación de profesores como el que se ha desarrollado en esta investigación, el cual se enmarca en actividades de enseñanza por investigación orientada, conviene ahora que pasemos a considerar algunas formas concretas de evaluación que permitan incidir positivamente en el aprendizaje de las ciencias.

Comentarios A.59. A partir de orientaciones constructivistas del aprendizaje, podemos garantizar que cada actividad realizada en clase por los alumnos, es una ocasión para el seguimiento de su trabajo, para la detección de las dificultades que se presentan y para la identificación de sus progresos; la evaluación en esta perspectiva, es eficaz para incidir e influir sobre la marcha de todo el proceso de aprendizaje, resultado de un trabajo colectivo. Esto no elimina sin embargo la posibilidad de efectuar pruebas individuales que permitan reconocer el resultado de la acción educativa de cada uno de los alumnos y obtener mayor

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

información para orientar convenientemente el aprendizaje. Por ello, el equipo de profesores, considera que desde la perspectiva de un desarrollo global de los estudiantes, es necesario el desarrollo de diferentes formas de pruebas, sin perder de vista los propósitos de una enseñanza con propósitos de aprendizaje. Por tanto, es conveniente la realización de pequeñas pruebas en la mayoría de las clases que traten aspectos clave de lo que se ha venido trabajando, ello permite impulsar el trabajo diario y comunicar seguridad en el propio esfuerzo, por otra parte brinda información al profesor y a los alumnos de los conocimientos que se poseen y sobre los progresos realizados, contribuyendo así a crear expectativas positivas y a reunir un número elevado de resultados de cada alumno reduciendo ostensiblemente la aleatoriedad de una valoración.

Por supuesto, los profesores comprenden que la elaboración de pequeñas pruebas como justificación de sus elaboraciones recientes, no eliminan la necesidad de desarrollar pruebas más extensas las cuales siguen siendo necesarias. Si bien es cierto que los exámenes son vistos a menudo como instrumentos de calificación de los alumnos, también se ha entendido que éstos deben jugar un papel importante en sesiones de globalización como ocasión para que los alumnos se enfrenten con tareas complejas y pongan en tensión todo el conjunto de sus conocimientos elaborados. Asumir el examen como ocasión privilegiada para el aprendizaje, cumple con ciertas condiciones como las que se citan a continuación (Furió, 2001): en primer lugar, es necesario que este evento suponga la revisión global de la materia considerada, incluyendo actividades coherentes por un proceso por construcción de conocimientos, de análisis cualitativos de situaciones abiertas hasta el tratamiento de relaciones ciencia - tecnología - sociedad, es decir, dando espacio para el desarrollo de todas las actividades propias de nivel conceptual, metodológico y actitudinal. También se hace necesario que la relación de estas actividades globalizadoras sean compatibles con lo que se supone es la construcción del conocimiento, lo cual conlleva al desarrollo de tentativas, de rectificaciones y aceptaciones del error y de la revaloración de las actividades y esfuerzos hechos.

En segundo lugar, es conveniente que los productos elaborados por los estudiantes sean devueltos y comentados lo antes posible, para poder discutir punto por punto las posibles respuestas de las contribuciones positivas, de los errores aparecidos, de la persistencia de concepciones alternativas, etc. Los estudiantes, con el resultado de su trabajo, se mantienen abiertos y participativos durante estas revisiones lo cual constituye actividades de autorregulación muy eficaces. También es conveniente tras estas discusiones, recomendar a los estudiantes que rehagan en casa de nuevo la tarea y vuelvan a entregarla. Ello contribuye muy eficazmente a afianzar aspectos aprendidos, así como a constatar aspectos que podrían seguir siendo dificultades.

A.60. Desde la perspectiva constructivista en que hemos venido asumiendo este programa de renovación de nuestras concepciones, actitudes y prácticas en relación con la enseñanza de las ciencias, podemos pasar ahora a considerar algunos elementos que nos permitan comprender la evaluación, también como ayuda para la enseñanza.

Comentarios A.60. En cuanto a la evaluación como instrumento para la mejora de la enseñanza, debemos apuntar que si bien la concepción de la evaluación como instrumento de aprendizaje representa ya un indudable progreso, éste resulta insuficiente si no la contemplamos también como mejora de la enseñanza. De acuerdo con resultados recientes en la investigación y en la innovación en Didáctica de las Ciencias, las disfunciones en el proceso de enseñanza aprendizaje no pueden atribuirse exclusivamente a las necesidades de los alumnos; quizás por ello resulta difícil que los alumnos no vean la evaluación como un ejercicio de poder arbitrario. Hacer de la evaluación un instrumento efectivo de seguimiento y mejora de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, reconociendo que se trata de una actividad colectiva en la que el papel del profesor y el funcionamiento de la institución también constituyen factores determinantes, conduce a considerar la evaluación como herramienta para identificar el papel de los comportamientos y las actitudes del profesorado que subyacen al acto de enseñanza. Ello supone que los alumnos han de tener la oportunidad de discutir aspectos como el ritmo que el profesor imprime al trabajo o la manera como éste se dirige a ellos. De esta forma, el equipo de profesores que hace parte de este programa reivindica la necesidad de una evaluación que ha de pasar a ser un instrumento de mejora de una actividad colectiva como lo es el proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias.

Se retoma de nuevo la pregunta que ha constituido el hilo conductor de este programa: la necesidad de respuestas fundamentadas a lo que hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias. Los profesores tienen aquí ocasión de discutir en detalle un conjunto de cuestiones construidas en una investigación llevada a cabo por Carrascosa, Fernández, Gil y Orozco (1991), como referentes a considerar desde la enseñanza y que pueden ayudar a ser plenamente identificados y auto-controlados a partir de resultados arrojados por la evaluación: Estas cuestiones son:

El profesor:

- *Trata por igual a las alumnas y los alumnos.*
- *Conoce y domina la materia que enseña.*
- *Tiene en cuenta los resultados de la evaluación.*
- *Tiene comportamientos personales que contribuyen a que se estudie su asignatura más eficazmente y más a gusto.*
- *Su enseñanza no es de solo contenidos, sino que se centra también en aspectos metodológicos importantes.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *Demuestra interés por la materia y por la enseñanza.*
- *Tiene en cuenta las ideas previas de sus alumnos.*
- *Prepara las clases.*
- *Sabe crear y mantener un buen ambiente de trabajo en clase.*
- *Se esfuerza por conocer personalmente a todos sus alumnos.*
- *Hace sus clases objetivas y participativas.*
- *Explica con claridad.*
- *Utiliza didácticamente la Historia de la Ciencia.*
- *Propone trabajos prácticos como pequeñas investigaciones.*
- *Se asegura de que sus alumnos dominan los conocimientos y habilidades necesarias antes de abordar un tema nuevo o tareas más complejas.*
- *Insiste en que se analicen siempre los resultados.*
- *En su asignatura se sigue un hilo conductor claro.*
- *Tienen en cuenta aspectos sociales de la ciencia.*
- *Antes de comenzar propiamente el estudio de un tema, sabe motivar a los alumnos hacia el mismo.*
- *Dedica tiempo suficiente para que sus alumnos manejen y asimilen los nuevos conocimientos a medida que estos se van introduciendo.*
- *Propone actividades de síntesis, recapitulación, etc.*
- *Sabe dirigir el trabajo en grupo de sus alumnos.*
- *Enseña a resolver problemas.*
- *Valora todo el trabajo realizado y enseña a guardarlo en forma ordenada.*
- *Consigue que los alumnos se den cuenta de lo que van aprendiendo.*
- *Sabe despertar nuevos intereses en los alumnos.*
- *Justifica los contenidos a tratar.*
- *Prepara previamente las pruebas o exámenes globales.*
- *Realiza una corrección pública de los exámenes,*
- *No ignora a los alumnos que van mal en la asignatura.*

A partir de estas cuestiones, que los profesores consideran como buenos indicadores a identificar a partir de una evaluación como ayuda para la enseñanza, se trata de reconocer si el profesor posee cualidades como las siguientes: ser amable con los alumnos, estar abierto a las críticas, tener buen sentido del humor, llegar puntualmente a clase, inspirar confianza, enseñar no solo contenidos conceptuales, proponer actividades de investigación en el aula, mostrar interés por su materia y por la enseñanza, mostrar dedicación y entusiasmo por el trabajo, preocuparse por hacer bien las cosas, dar la impresión de que le gusta la enseñanza, tener en cuenta las ideas previas de los alumnos, preocuparse por saber cuáles son las ideas acertadas o no, que los alumnos puedan tener, valorar las opiniones y los puntos de vista, preparar las clases, proporcionar y mantener un buen ambiente de trabajo en clase, favorecer un clima de trabajo que permita sacar un buen provecho a las clases, conocer personalmente a

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

todos los alumnos, interesarse personalmente por los problemas de sus alumnos, valorar positivamente los procesos que se hacen, respetar a los alumnos, hacer clases activas y participativas, acordar tiempos en común, establecer conclusiones, explicar con claridad, exponer y presentar contenidos en forma lógica y coherente, utilizar didácticamente la historia de la ciencia para poner ejemplos acerca de cómo se desarrollaron teorías y conceptos científicos, proponer trabajos prácticos como pequeñas investigaciones donde los alumnos y las alumnas no se limitan a seguir instrucciones sino donde diseñan hipótesis y sugieren posibles diseños para desarrollar experimentos, asegurar que sus alumnos definan sus conocimientos y habilidades necesarios antes de empezar a estudiar un tema, dedicar tiempo para revisar los conocimientos previos imprescindibles para que sus alumnos puedan entender aquello de lo que se va hablar, insistir en analizar siempre los resultados, seguir un hilo conductor claro, intentar que los alumnos conozcan en todo momento en donde están y que es lo que se va a tratar a continuación, justificar siempre los contenidos a tratar, tener en cuenta aspectos sociales de las ciencias, saber motivar a los alumnos hacia el conocimiento científico, dedicar tiempo suficiente para que los alumnos manejen y asimilen los nuevos conocimientos a medida que éstos se van introduciendo, proponer actividades de síntesis y de recapitulación al terminar el estudio de un tema o de un bloque de temas, saber dirigir el trabajo en grupo de los alumnos, enseñar a resolver problemas insistiendo que no se hagan operaciones inmediatamente y que se justifique lo que se va a ser, valorar todo el trabajo realizado y enseñar a guardarlo de forma ordenada, proponer actividades que hacen dar cuenta de lo que realmente se está aprendiendo y que aumentan la confianza en la capacidad para progresar en los conocimientos de la asignatura, saber despertar nuevos intereses en los alumnos, plantear la enseñanza de conocimientos de modo que se conectan con cosas interesantes o con asuntos que se desconocían o que no se les había prestado la suficiente atención, justificar los contenidos a tratar, realizar corrección pública de los exámenes y dedicar tiempo para su corrección comentando los errores más frecuentes, explicando dudas y sistemas que ha utilizado para valorarlos, etc.

Con estos criterios que la evaluación nos podría ayudar a explicitar y a tener en cuenta en la práctica docente, vale la pena resaltar que el grupo de profesores asistentes a este programa de formación ha rescatado como muy positivo poder identificar aspectos necesarios para una enseñanza de las ciencias de calidad. Encuentran aquí una excelente manera de sintetizar todos los aspectos discutidos hasta el momento y que favorecen no solamente un aprendizaje significativo del entramado conceptual propio de la didáctica de las ciencias, sino que dan luces sobre cómo poner en práctica a través de programas de actividades, estrategias que favorezcan cambios de orden conceptual, metodológico y actitudinal en los estudiantes; de hecho reconocen el nuevo papel de la evaluación para identificar el desarrollo conceptual, afectivos y praxiológico de los estudiantes.

Así entonces, el aprendizaje de las ciencias entendido como investigación dirigida, pasa ahora a ser considerado como solidario para la concreción de un currículo que acentúa las actividades a través de las cuales los alumnos pueden construir conocimientos, adquirir habilidades y desarrollar actitudes. Estos conocimientos a manera de cambios conceptuales, estas habilidades a través de cambios metodológicos y estas actitudes a través de cambios actitudinales, hacen necesario que la evaluación no verifique un programa de actividades sino que haga parte de un programa de actividades, recordando a los profesores que la actividad docente es una tarea colectiva de revisión permanente del currículo y que tiene características de una investigación (Driver y Oldham, 1986).

CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN CURRÍCULO EN CIENCIAS

A.61. La primera etapa del cambio didáctico esperado creemos que está completa considerando todo lo abordado hasta el momento en este Programa de Formación. Allí hemos considerado los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales necesarios para el desarrollo de una enseñanza de las ciencias alternativa a la habitual, que ofrezca mejores resultados a la hora de identificar los aprendizajes de los alumnos. A pesar que todo lo abordado lo hemos tratado de contrastar inmediatamente en nuestras prácticas diarias como profesores universitarios de química, viene ahora un espacio en este programa dedicado con mayor énfasis a hacer en la práctica, todo lo que hasta ahora hemos elaborado.

Ello implica pasar a diseñar unidades didácticas y para ello es necesario que hagamos una revisión de las maneras como se sugiere la planificación del currículo en ciencias, especialmente de un currículo centrado en los avances recientes de la didáctica de las ciencias. En tal sentido empezaremos a trabajar sobre la definición de algunos criterios básicos a considerar en la elaboración de currículos de ciencias, posteriormente haremos referencia a la concreción de un currículo desde las perspectivas de las nuevas orientaciones en didáctica de las ciencias, entendido como finalidades de aprendizaje en cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales en forma de procesos de enseñanza de las ciencias por investigación dirigida, concretando en lo que denominaremos programas de actividades. Pasemos a considerar entonces algunos criterios básicos a considerar en la elaboración de un currículo de ciencias.

Comentarios A.61. Con lo recorrido hasta ahora, trataremos de elaborar en la práctica programas de actividades que recojan los fundamentos conceptuales y metodológicos del modelo de enseñanza de las ciencias por investigación orientada. Dicha fundamentación ha de contemplar aspectos conceptuales sobre el aprendizaje humano a partir de las investigaciones

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

que en psicología del aprendizaje contemporánea se vienen elaborando, también apoyarse en la producción que en filosofía de la ciencia se hace sobre la actividad científica para poner en práctica criterios de desarrollo del cambio metodológico, y reconocer el papel de las actitudes y de su explicitación en conductas a partir de la interiorización de valores como expresiones de normas, ideas y creencias y que en suma favorecen cambios actitudinales que resultan ser imprescindibles para valorar nuestras predisposiciones hacia nuevas formas de aprendizaje de teorías y conceptos y hacia nuevas formas de abordar problemas asociados con temas de interés desde los conocimientos científicos. En suma, se trata de referenciar las implicaciones de una enseñanza entendida como ayuda para el desarrollo del aprendizaje de las ciencias dentro del cual se incluyen aspectos como el tratamiento trasversal de conocimientos aprendidos y de su relación con la tecnología, la sociedad y el sostenimiento ambiental.

Estos análisis han de permitir integrar coherentemente un modelo de enseñanza de las ciencias que debe ser explícito en un diseño curricular, diseño que ha de incorporar un conjunto de elementos que recogen aspectos conceptuales, metodológicos y actitudinales y que orientan un recorrido necesario para favorecer aprendizajes de las ciencias menos repetitivos y sí más comprensivos, significativos y relevantes en los estudiantes. El equipo de profesores recuerda aquí que por currículo entendemos la idea de caminata o de recorrido (de su etimología en latín), y por ello lo que se espera es diseñar estrategias que consideren diferentes aspectos para permitir que los estudiantes elaboren conocimientos desde el cual expliquen competentemente problemas y los relacionen con diversos aspectos de la vida cotidiana de las personas. Desde la perspectiva de un programa de formación de profesores, el interés fundamental que aquí nos convoca se relaciona con la manera como nosotros los profesores podemos apreciar que un cambio didáctico permite que vivencemos en nuestra práctica docente diaria, cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales en cuanto a la enseñanza y el aprendizaje las ciencias. Por ello también es importante en un proceso de diseño curricular conducente a la elaboración y aplicación de programas de actividades, evaluar cambios metodológicos en el profesorado, en este caso reconociendo la manera como los profesores pasamos desde una metodología del sentido común acerca de la enseñanza de las ciencias, hasta una metodología coherente con nuevos conocimientos sobre la enseñanza, valorando el papel del profesor que se desempeña como director de grupos de investigación novatos. Habremos también de entender el cambio didáctico evaluando aspectos propios que nos puedan referenciar un cambio actitudinal de los profesores hacia la enseñanza de las ciencias, que pasa por asumir un cambio actitudinal sobre el conocimiento científico y sobre su enseñanza.

Se hace necesario entonces abordar con los profesores participantes del programa las finalidades y objetivos de un currículo que garantice una educación científica desde el contexto contemporáneo en Didáctica de las Ciencias, cumpliendo con los principios hasta aquí considerados y que se concretan en un modelo de enseñanza como el de la enseñanza de las

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

ciencias por investigación orientada. La planificación de un currículo se hace para organizar unas rutas de aprendizaje, a través de las cuales los estudiantes, con la debida asesoría de los profesores, puedan transitar para lograr expectativas de aprendizaje, ello implica que los profesores debemos tomar decisiones curriculares para precisar intencionalidades y predisposiciones. En tal sentido, recordamos que una reforma curricular siempre intenta asegurar de la mejor forma posible, la cualificación de los procesos de enseñanza y aprendizaje y que por supuesto, a la luz de las fundamentaciones adoptadas, se procure garantizar la formación de ciudadanos que comprendan el conocimiento científico como un instrumento público de desarrollo cultural. Prever la mejora de la enseñanza de las ciencias, depende entonces de un conjunto de factores entre los cuales se encuentra la estructura curricular que se propone, la cual ha de tener en cuenta las finalidades de la educación científica, las concepciones sobre el conocimiento científico, sus implicaciones sociales, métodos previstos para la enseñanza, expectativas sobre el aprendizaje a lograr, y criterios de evaluación para la valoración de todo el proceso seguido.

Como lo ha sugerido Hodson (1985 y 1986), tanto a través del currículo visible como del currículo oculto, los profesores enviamos mensajes curriculares sobre la ciencia, sobre la naturaleza del conocimiento científico, sobre la forma como se debe enseñar la ciencia y sobre la forma como se debe aprender. Estos mensajes son el resultado de decisiones de los profesores que apoyadas en sus ideas y creencias y en sus grados de aceptación o de rechazo hacia uno u otro modelo curricular, incidirán en acciones que finalmente definen en la práctica la estrategia y las actividades que se desarrollan en el aula de clase. La práctica docente es el reflejo en la práctica, de los conocimientos y de las actitudes de los profesores hacia la enseñanza, es decir, es la representación más concreta posible de la epistemología del docente (de su estructura de conocimientos – lo conceptual – y de sus actitudes – lo cognitivo, lo afectivo y lo conativo -).

Comprender el currículo puede facilitarse si se abordan por separado, pero en una perspectiva integradora, tres grandes dimensiones: una de naturaleza “macrocurricular”, en la cual se definen las grandes intencionalidades de la formación de ciudadanos y los fines de la educación científica que han de servir de parámetro filosófico de partida; un nivel “mesocurricular” donde coherente con las grandes expectativas definidas en lo macrocurricular, se considera la concepción pedagógica sobre la educación en ciencias y el o los modelos de enseñanza de las ciencias a seguir; y una estructura “microcurricular” que tiene en consideración la secuencia de actividades prescritas para favorecer aprendizajes sobre la ciencia. En tal sentido, tal como lo sugiere Gimeno y Pérez (1985), con el currículo esperamos delimitar intenciones, prescribir los contenidos que se esperan desarrollar, perfilar posibles actividades de aprendizaje, y proporcionar algunas guías didácticas de acción que resulten ser apropiadas y útiles al profesorado. Así pues diseñar un currículo supone decidir sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias, es decir precisar objetivos de aprendizaje lo que le

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

imprime toda una condición de Proyecto de Investigación que debe ser innovado permanentemente dependiendo de la relación entre la enseñanza como factor prescriptivo de la educación y el aprendizaje como factor descriptivo de la educación.

Comentario adicional 27 debido a la dinámica del Programa. Para comprender una perspectiva mucho más rigurosa de un currículo de ciencias como Proyecto de Investigación, los profesores revisan en detalle un artículo elaborado por Carrascosa, Furió y Gil (1984), quienes sugieren que los profesores debemos plantearnos que la transformación de un currículo de ciencias debe exigir un estudio con la suficiente fundamentación conceptual que permita explicitar un conjunto de cuestiones sin cuya consideración explícita podríamos cometer errores didácticos graves, o que podría coadyuvar con una enseñanza de las ciencias que resulte superflua e ineficaz. El equipo de profesores, a partir de los análisis realizados en esta actividad, empieza a elaborar la idea que cuando nos referimos al currículo no significa referirnos únicamente a un plan de estudios como se consideran en los habituales "Syllabus" o programadores de los cursos universitarios.

Yager y Penick (1983) han señalado que toda la capacidad de opción del profesorado parece reducirse en general a la elección de un libro de texto. En un trabajo adelantado por Stake y Easley (1978), donde se entrevistó a más de 12.000 profesores norteamericanos, se comprobaba como cerca del 94% de la muestra utiliza siempre como mínimo un 90% los libros de texto como referencia exclusiva para organizar un plan de actividades de desarrollo de un curso de ciencias. Como resultado de esta creencia generalizada sobre los currículos de ciencias, se ha encontrado que los intentos de renovación en las concepciones del profesorado sobre la enseñanza y los intentos de renovación curricular, quedan prácticamente subsumidos al hecho mismo que los profesores esperan que periódicamente puedan ser informados de recientes avances en cuanto a metodologías de enseñanza, sin que ello implique cambios trascendentales en sus esquemas de enseñanza. Es decir, tan solo adaptan "nuevas técnicas" de enseñanza a lo que habitualmente hacen en la práctica. Los profesores terminamos entonces suponiendo que los principios fundamentales en la formación del profesorado, se limitan a la modificación de temarios o a la actualización en la organización de secuencias. A juicio de los profesores, todo ello ha contribuido a desestimular la participación del profesorado en el diseño de currículos y fundamentalmente a participar en las grandes reformas curriculares. Podemos encontrar, como sucede en la mayoría de las renovaciones curriculares para la enseñanza de las ciencias, que los criterios que se utilizan en torno a esas transformaciones curriculares casi siempre se reducen a perspectivas científicistas que no consideran los avances recientes elaborados por la investigación y la innovación en didáctica de las ciencias.

Superar estos resultados exige, según los profesores, comprender que la reelaboración de un currículo debe atenderse con muchísimo más cuidado y detenimiento, tomando en

consideración los avances de la investigación educativa. Esto quiere decir que debemos considerar que las estrategias de cambio tanto en lo curricular, como en la enseñanza para favorecer el aprendizaje, es una actividad con características propias de una investigación. El proceso de renovación curricular debe contemplar una amplia participación del profesorado, ya que nos basamos en considerar que los currículos son perspectivas que abrimos para que nuestros estudiantes sigan caminos adecuados que los conduzcan a alcanzar aprendizajes eficaces, y que no son vías únicas pre-establecidas y rígidas casi inmodificables. Desde consideraciones filosóficas y políticas, compete a los profesores diseñar recorridos a seguir con los estudiantes debidamente fundamentados, de forma que las estrategias de enseñanzas seguidas y los modos de evaluación previstos, sean coherentes. En otras palabras, como lo sugieren Coll (1988) y Gimeno (1989), este proceso ha de contemplar desde cualquier momento la amplia participación de los profesores sin la cual no es posible la asunción y aplicación de los currículos elaborados.

El trabajo que se propone desde la línea de investigación en formación de profesores en el ámbito de la didáctica de las ciencias, espera que pudiera orientar la elaboración de currículos en ciencias coherente y consistente con los principios conceptuales definidos en esta investigación. Podría ser útil establecer discusiones sobre si se prefiere la extensión de contenidos o la profundidad en el tratamiento de los mismos. Luego de revisiones sobre la naturaleza de un currículo con una perspectiva rígida y con una perspectiva flexible, los profesores concluyen las siguientes diferencias desde un contexto del currículo como un continuo, es decir que sugiere indicadores que lo podrían hacer más o menos flexible, ya que no podríamos afirmar dónde termina un currículo rígido y dónde comienza uno flexible (Roberts, 1982):

- *Obligatoriedad de los contenidos a tratar vs. No obligatoriedad de todos los contenidos. Se tienen en cuenta unos contenidos “básicos” y se deja en libertad al profesor y a los estudiantes para abordar otros que se consideren de especial interés.*
- *Prima la Extensión en el tratamiento de los contenidos vs. Prima la Profundidad en el tratamiento de los contenidos.*
- *Carácter unidireccional (teleológico) vs. Carácter cíclico para dar cuenta del principio de profundidad.*
- *Tratamiento exclusivo de contenidos conceptuales comprobables y a menudo acabados vs. Tratamiento no solo de contenidos conceptuales, sino también de los contenidos metodológicos y actitudinales de una disciplina estructurados en “programas de actividades”.*
- *La enseñanza y el aprendizaje se tratan desde modelos ateóricos vs. La enseñanza y el aprendizaje se consideran cuerpos de conocimientos teóricamente fundamentados.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *Las secuencias de contenidos se organizan en temas y subtemas casi siempre de conocimientos neutrales ya elaborados vs. Las secuencias de contenidos se organizan en núcleos problémicos y en situaciones problémicas*
- *Principios formativos apoyados en la metáfora de la “tabula rasa” (el estudiante no tiene conocimientos antes de una nueva instrucción) vs. Principios formativos que consideran ideas, metodologías y actitudes previas de los alumnos como elementos consustanciales en el acto de enseñanza y de aprendizaje.*
- *Carácter ahistórico y disciplinar de los conocimientos (se reducen al relato de puntos de vista contemporáneos neutrales) vs. Carácter histórico e interdisciplinar de los conocimientos.*
- *Currículos descontextualizados vs. Currículos en contexto.*

A.62. Dadas las características de los currículos rígidos y flexibles, conviene que profundicemos en detalle sobre las mismas, tratando de contrastarlas en relación con nuestros currículos actuales para la formación de futuros profesores de química.

Comentarios A.62. Interesa aquí que los profesores, a partir de los conocimientos elaborados en torno al currículo y a la fundamentación seguida desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias, transformen sus ideas y sus vivencias tomando en consideración los currículos actuales de los que se dispone en la Universidad para la formación de Profesores de Química. A continuación, las principales ideas que se han elaborado en esta actividad.

Ha interesado mucho la discusión acerca de la obligatoriedad o no de los contenidos. Como sabemos, existen currículos donde prácticamente el 100% de los contenidos que se abordan en un curso tienen el carácter de obligatorios; sin embargo es posible reconocer otras opciones como la que se aplica en ciertos estados Alemanes Federales, donde como lo explica La Pensée (1981), se aborda un 70% de contenidos obligatorios de tal forma que hay un 30% de los mismos que se dejan en libertad para que el profesor con sus estudiantes los definan ya que pudieran ser de interés en el tratamiento de un curso particular de ciencias. Se fija entonces un “core currículo básico” para que los profesores puedan determinar y justificar el resto de contenidos curriculares. A partir del problema de la obligatoriedad del currículo, se liga la intencionalidad sobre si éstos deben dar énfasis a la extensión de conocimientos o a la profundidad en un tratamiento de los mismos, Piaget (1969), sugería la noción de las acciones que podríamos seguir curricularmente hablando para garantizar que el aprendizaje tuviera en cuenta el desarrollo evolutivo de los sistemas lógicos de razonamiento en nuestras mentes. Queda claro para los profesores, que la estructura curricular de la carrera de Licenciatura en Química, a pesar de los esfuerzos por hacerla cada vez más flexible, no avanza hacia ello, debido en gran medida en que los profesores, a la hora de programar los diferentes cursos, incluyen todo aquello que se contempla en los libros de texto, con pocas variaciones, ajustándose esta lógica a lo que encontraron Stake y Easley (1978) en su investigación.

Se discute sobre el carácter cíclico o lineal en la enseñanza. La pregunta fundamental es si debemos considerar una determinada temática, tratarla con una cierta rigurosidad que se considere conveniente para que una vez terminada sea una temática dada por vista. Por el contrario los profesores se preguntan si se trata más bien de abordar específicamente unas formas particulares de conocimientos, de manera que su tratamiento se vaya haciendo relativamente más profundo en la medida que se tratan nuevos problemas de mayor nivel de rigurosidad. Esas discusiones, como señala Linn (1987), terminarían dando prioridad a la profundidad a la hora de abordar contenidos, cosa que se podría garantizar a través del diseño de currículos de carácter cíclico y no lineal. De nuevo, los profesores encuentran que nuestra tendencia, debido a las concepciones habituales y que afloran desde el momento mismo en que se concibe un currículo, es a organizar un currículo más bien de carácter lineal, aunque hay algunos intentos por organizar el desarrollo de contenidos en forma cíclica. Quizás, el plan de estudios de la carrera de Licenciatura en Química favorece el tratamiento de algunas concepciones de la química con niveles crecientes de profundidad; sin embargo, al interior de cada curso se procura, paralelo con la idea de extensión de contenidos, abordar de una vez cada gran tema antes de pasar al siguiente. Los profesores concluyen que esto es debido a una resistencia del profesorado por abandonar las estructuras rígidas de su concepción de organización de contenidos y por tanto, por abandonar ideas y creencias sobre la enseñanza de la química a partir de esquemas habituales centrados en la transmisión verbal de conocimientos.

Otro aspecto que se debate ampliamente al momento de definir criterios básicos en el diseño de los currículos es el que tiene que ver con la importancia relativa de los contenidos conceptuales y a la metodología, así como la relación que hay entre ambos aspectos. Se trata de discusiones que afectan fundamentalmente en el caso de la investigación científica y de su papel en el desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio y de resolución de problemas. Como sabemos, una de las críticas más frecuentes a los currículos habituales de ciencias, es precisamente la casi exclusiva atención a contenidos conceptuales olvidando los aspectos metodológicos (Bybee, 1977). Sin embargo no debemos olvidar que otra crítica reiterada a los currículos y a las formas habituales de enseñanza es la incorrecta orientación de los aspectos metodológicos de la ciencia, debido a la influencia muy fuerte de las concepciones positivistas, inductivistas y realistas que sobre el conocimiento científico se encuentran arraigadas en los profesores de ciencias. Ello hace que lo metodológico se presente casi siempre como algo independiente de los contenidos; Ausubel (1978), Hodson (1985), Gil (1986) y Driver (1987) entre otros investigadores, han llamado la atención sobre este problema. En particular, Driver y Oldham (1986) han considerado que quizás la principal implicación de los modelos constructivistas de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias en la elaboración de currículos, debe permitir que éstos se conciban no como un conjunto de conocimientos y destrezas a adquirir, sino como programas de actividades a través de los cuales los

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

conocimientos y las habilidades pueden ser adquiridas. Se trata de una idea que proviene de otro Grupo de Investigación en enseñanza de las ciencias (Furió y Gil, 1978) quien han desarrollado en extenso la idea de los Programas Guías de Aprendizaje en diversidad de aspectos en la enseñanza de la Química y la Física principalmente.

Otro elemento básico en los criterios para el diseño de los currículos, tiene que ver con si esta actividad está orientada por modelos de enseñanza y de aprendizaje teóricamente fundamentados (Kornhauser, 1979; Peterson, 1979). En este aspecto, los profesores, al examinar cuidadosamente el trabajo de los dos autores mencionados, coinciden en afirmar que el problema es que desde su formación universitaria, no habían tenido la oportunidad de considerar la enseñanza de las ciencias no como un método sin teoría, sino por el contrario, como una actividad teóricamente fundamentada, en este caso, sobre el cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias que vienen elaborando a lo largo de este Programa de formación. Como se ha podido constatar en la vivencia propia de los profesores, la práctica docente de la educación científica, puede entenderse básicamente desde el paradigma de la enseñanza por transmisión verbal de conocimientos elaborados o desde el paradigma de la enseñanza por conocimiento inductivo y autónomo, que si bien eran prácticas culturales que ellos habitualmente hacían explícitas en sus clases de química, no contaban con el sustento teórico que diera sentido a dichas práctica. Aquí, los profesores vuelven a referir la práctica de la enseñanza orientada más por la costumbre cultural, por la impregnación ambiental, que por nuevos conocimientos acerca de cómo enseñar.

Dentro de ello, los profesores coinciden en que independiente del enfoque de enseñanza de las ciencias que se siga, siempre debiera hacerse desde un conocimiento didáctico explícitamente fundamentado en un cierto paradigma o modelo de enseñanza. La clave está, como ellos mismos lo reconocen, en ignorar la existencia de un cuerpo de conocimientos sobre la enseñanza. A su juicio, se trataría de una de las pocas profesiones que se desarrolla más como un oficio, es decir, donde la práctica no encuentra un piso teórico desde el cual se realiza. Todo ello, se insiste, debido a que los profesores universitarios antes de alcanzar esta condición, han sido estudiantes y por tanto ya tienen una imagen general de la enseñanza. A todo esto se le adiciona que se trata de especialistas en un campo del conocimiento, lo que hace pensar fácilmente que con haber aprendido lo que se enseña, se puede adquirir ya la condición de profesor. Habitualmente, como lo describe Kornhauser (1979), los profesores centramos la enseñanza de las ciencias desde una visión atórica de la didáctica de las ciencias, es decir simplemente suponemos que el compromiso fundamental es identificar el contenido fundamental (el conocimiento disciplinar que se enseña), plantearlo en una determinada secuencia sin considerar en ningún momento principios conceptuales sobre la enseñanza (el conocimiento didáctico). Por otra parte aquí habría también que insistir que en medio de estas competencias paradigmáticas sobre la enseñanza de las ciencias, aún priman

fundamentalmente modelos de enseñanza centrados en la transmisión y en el descubrimiento autónomo de conocimientos ya elaborados.

Otro factor a considerar al momento de definir criterios para el diseño de un currículo, es la consideración y la importancia que tienen las ideas y las metodologías previas de los alumnos y el papel que juegan en el aprendizaje; como ya hemos insistido se trata de propender por un aprendizaje de las ciencias que ante todo facilite a los estudiantes, mediante la vía de la resolución de problemas, modificar o recontextualizar ideas enmarcadas en otros ámbitos de conocimiento distintos a los del conocimiento científico, de tal forma que podamos garantizar que al momento que un estudiante resuelve un problema utilizando la metodología científica, lo haga también referenciándose en ideas o concepciones científicas. Ello ayudaría a evitar que diferentes categorías del conocimiento (en este caso, cotidianos y científicos) se eclipsen entre sí dando lugar a errores conceptuales que no favorecen el desarrollo de nuevos conocimientos en los estudiantes, válidos desde la perspectiva de la ciencia, y fomentando actitudes de frustración y rechazo de parte de los estudiantes hacia el conocimiento científico.

También, a la hora de tomar decisiones para estructurar un currículo de ciencias, tendríamos que preguntarnos sobre la preferencia a los conocimientos propiamente disciplinares a los de naturaleza interdisciplinaria que podrían hoy caracterizar el conocimiento científico. Sobre estos aspectos se discute si se trata de una enseñanza de una “ciencia pura” o por el contrario, hacemos referencia a la posibilidad de hablar de una ciencia que integra diversos conocimientos y que genera un imaginario interdisciplinario del conocimiento científico. Por último también se podrían considerar las relaciones entre el currículo y la realidad extraescolar, especialmente para incluir aspectos hoy investigador en la enseñanza de las relaciones Ciencia – Tecnología – Sociedad (Penick y Yager, 1986; Jiménez, 1996; Gilbert, 1992; Solbes y Vilches (1997).

A.63. Se propone a continuación diseñar presentaciones globales donde se puedan incluir algunas expectativas específicas que permitan a los profesores la suficiente discusión sobre diversos aspectos a considerar en un currículo de ciencias; para tal efecto se pueden sugerir algunos aspectos básicos con unos ítems que estén relacionados directamente con estos aspectos para que posteriormente se tomen decisiones que de alguna manera han de fundamentar lo que va a ser el programa de actividades que se espera implementar, de todas formas vale la pena indicar que se trata en este caso de tomar decisiones que garanticen una debida fundamentación en el cuerpo conceptual disponible en los profesores respecto a la Didáctica de las Ciencias, para darle garantía al empleo explícito y útil de todo el tratamiento que se ha venido haciendo a lo largo del mencionado programa.

Comentarios A.63. A continuación se citan los aspectos que se han discutido como básicos e imprescindibles para organizar un currículo en ciencias, y en particular para la base de la elaboración de programas guías de aprendizaje. Para ello, nos hemos apoyado en un Cuestionario para la elaboración de un Currículum de Ciencias en la E.S.O (Furió, 1991) el cual se ha adaptado para que los profesores pueden tomar decisiones según un inventario o catálogo de intereses.

1. Respecto a la obligatoriedad del currículo se ha tratado lo siguiente:

- *Identificar lo fundamental e implementarlo en el currículo correspondiente.*
- *Hacer públicas recomendaciones básicas pero dejando en libertad a que cada profesor o grupo de profesores justifique su propio currículo.*
- *Fijar unos contenidos mínimos que cubran una fracción de tiempo real disponible (core currículo básico) dejando en libertad a cada profesor y a los equipos de profesores para que determinen justificadamente el resto de temas, actividades, modos de evaluación etc.*

2. En relación con la extensión del currículo y el tiempo disponible, pueden considerarse aspectos tales como:

- *La comprensión del conocimiento científico exige tiempo y tratamiento en profundidad, en consecuencia se hace necesario seleccionar la materia a estudiar sin pretender ver todo lo que es importante ya que ello conduciría a tratamientos superficiales que podrían poner en riesgo una imagen de la ciencia y no proporcionaría posiblemente conocimientos durables a los estudiantes.*
- *Habría que tratar de evitar que los alumnos terminen sus estudios sin haber visto capítulos importantes de las ciencias, que además de ser de interés formativo los podrían necesitar en sus estudios posteriores, ello obligaría a proporcionar una visión amplia que recoja los capítulos fundamentales de las ciencias.*
- *Un correcto desarrollo de los currículos de las materias científicas, exige una ampliación del tiempo disponible, por encima de los niveles actuales.*
- *La cuestión del tiempo disponible para impartir una materia no constituye un verdadero problema si se ajusta convenientemente el currículo a dicho tiempo.*
- *Por debajo de cierto tiempo mínimo, la enseñanza de una ciencia dejaría de ser útil, pues bien habría de limitarse el estudio con cierta profundidad a un escaso número de temas, o se convertiría en un tratamiento absolutamente superficial; ambos casos corresponden a una visión deformada de las ciencias.*

3. *Respecto a los conocimientos previos de los alumnos, puede considerarse:*
- *El aprendizaje no puede concebir al alumno como una “tabula rasa” sino es preciso tener en cuenta sus ideas, hábitos y actitudes iniciales, sea para apoyarse en ellos, para transformarlos, incluso para derribarlos.*
 - *El currículo de cada curso debe organizarse teniendo en cuenta una distribución lógica y coherente de la materia a lo largo de los estudios y por tanto éste no debe ser alterado por las falencias de los alumnos mal preparados, ya que eso se traduciría en un grave descenso del nivel general del grupo.*
 - *Muchas de las dificultades que los alumnos encuentran para seguir con provecho una asignatura se deben a que no dominan adecuadamente conocimientos correspondientes a curso anteriores y que a menudo se dan por sabidos sin verificaciones ni revisión alguna, recordemos que una cosa es abordar las ideas previas de los estudiante e identificar sus concepciones previas, y otra hacer un repaso básico de los conocimientos de cursos anteriores que pueden ser necesarios para abordar exitosamente otros nuevos conocimientos. Así pues es necesario explicitar los requisitos necesarios para el desarrollo de un curso y revisarlos para evitar que se puedan convertir en un obstáculo.*
4. *Sobre el saber y el saber hacer:*
- *Las prácticas deben constituir el punto de partida o el hilo conductor para el desarrollo de una ciencia experimental y los conocimientos han de inducirse a partir de las mismas.*
 - *El currículo debe estar centrado en la transmisión de conocimientos ordenados y por tanto los problemas a resolver como los trabajos prácticos de laboratorio deben servir de excelentes modos de ilustración y aplicación que faciliten la comprensión y el dominio de los conocimientos que se desean tratar.*
 - *La construcción de los conocimientos científicos en el aula de clase ha de ser el resultado de un proceso de investigación orientada que incluya desde el planteamientos de problemas abiertos y cualitativos, el análisis de los resultados, pasando por la emisión de hipótesis, el diseño y realización de experimentos, el análisis argumentado de los resultados obtenidos, de tal forma que todo ello conduzca a la elaboración de cuerpos coherentes de conocimientos, que incluyen contenidos de orden conceptual, metodológico y actitudinal.*
 - *Debido al crecimiento vertiginoso del conocimiento científico, un curso de ciencias debe favorecer ante todo la familiarización con la metodología científica, los contenidos y la información que se pueda tener no sería tan importante dado que ésta se pueda adquirir con relativa facilidad por otros medios como el Internet, y por ello podría después ser analizada con los estudiantes para convertir esa información en conocimiento.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *El objetivo de la enseñanza de la ciencia en educación básica no es “hacer científicos”, y por tanto ante todo debemos facilitar el aprendizaje de conocimientos que proporcionen una mínima visión de lo que es la ciencia y preparen una posible dedicación posterior al trabajo científico.*
 - *No se puede pensar en hacer ciencia al margen de la construcción de cuerpos coherentes de conocimiento, ni tampoco suponer un aprendizaje significativo de conocimientos que conlleve a su construcción mediante el uso de la metodología científica únicamente, es decir que, tanto el aprendizaje de contenidos especialmente conceptuales y metodológicos y la familiarización con la metodología científica, derivada fundamentalmente de unos contenidos actitudinales deben planearse conjuntamente.*
 - *La actitud investigativa es natural en los niños y en los jóvenes, de manera espontánea los seres humanos nos hacemos preguntas, planteamos conjeturas, sacamos conclusiones preliminares, etc.; la escuela por tanto debe favorecer el desarrollo autónomo de esa actitud.*
 - *La actitud exploratoria de los jóvenes está muy alejada de las características del trabajo científico, así pues debemos tener en cuenta que los alumnos tienden a hacer conclusiones rápidas, a partir de la evidencia el sentido común, a realizar estudios puntuales que no cuestionan las posibles coherencias o faltas de coherencia con los resultados. En consecuencia la enseñanza de las ciencias debe favorecer la superación de todas estas tendencias espontáneas, produciendo cambios metodológicos, que no son fáciles de lograr pero que son absolutamente necesarios para un aprendizaje adecuado del conocimiento científico. Esto es, que los estudiantes apropien el conocimiento científico desarrollando las metodologías de actuación propia de las comunidades científicas, superando las metodologías superficiales.*
5. *En cuanto a los modelos de enseñanza aprendizaje de ciencias y el papel del profesor.*
- *Considerar que toda la enseñanza basada en la transmisión de conocimientos estructurados, podría evitar que los alumnos caigan en adquisiciones dispersas, el trabajo de la clase debe estar centrado en la presentación ordenada del profesor y en la asimilación activa de los alumnos;*
 - *Solo el trabajo autónomo que responde al interés de los alumnos, puede favorecer desarrollos intelectuales. El trabajo en clase debe dejar amplia autonomía a los alumnos y al profesor le corresponde actuar como experto el cual se le puede consultar en caso de necesidad.*
 - *El papel del profesor ha de ser el de un organizador de programas de actividades a través de los cuales los estudiantes, mediante un trabajo dirigido de investigación, puedan interesarse por nuevas problemáticas, por construir conocimientos, por adquirir destrezas y actitudes, etc.*

6. *En cuanto a la relación entre los diferentes campos del conocimiento.*
- *La realidad es una y las distintas asignaturas rompen artificial y arbitrariamente su unidad, por tanto los currículos deben plantearse con orientaciones de enseñanza integradoras.*
 - *La realidad es una pero no es uniforme ya que tiene distintos niveles de organización, a los que le corresponden leyes propias, en cierta medida las distintas ciencias constituyen cuerpos coherentes de conocimientos.*
 - *El método científico es común a todas las ciencias y por eso se puede tratar de manera integrada el conocimiento científico sin que se haga necesaria la tradicional separación entre las diferentes disciplinas.*
 - *Una visión unitaria de la realidad tiene sentido como aproximación inicial o como resultado de una profundización para poner en evidencia relaciones entre distintos campos, sin embargo el planteamiento científico ha de ser necesariamente analítico y simplificadorio, al menos durante periodos amplios del proceso, tal y como lo muestra la historia de la ciencia.*
 - *Un tratamiento disciplinar no debe ser sinónimo de una visión reduccionista y parceladas del conocimiento científico, sino por el contrario una construcción de cuerpos coherentes de conocimientos que han de mostrar poco a poco los resultados de su desarrollo, las relaciones que progresivamente pueden generar entre cuerpos de conocimientos diferentes, etc.*
7. *Relaciones Ciencia – Tecnología – Sociedad.*
- *El currículo debe contemplar las relaciones entre el desarrollo científico y sus productos técnicos y tecnológicos en toda su complejidad, ello debe incluir aspectos conflictivos, debatibles, y muchas veces resultados negativos o impactos negativos del conocimiento científico. Esto debe considerarse para generar una imagen correcta de las ciencias y también para formar futuros ciudadanos desde los cuales se pueda favorecer el interés y las actitudes críticamente positivas hacia la ciencia y su aprendizaje.*
 - *Las relaciones entre la enseñanza de las ciencias y la sociedad pueden concretarse en el tratamiento de las aplicaciones de la ciencia y de la técnica, evitando derivaciones políticas e ideológicas que puedan caer en el plano de lo subjetivo.*
 - *Para que el aprendizaje sea eficaz, debe ajustarse a los intereses existentes en los alumnos y a los problemas de su entorno.*
 - *No se trata tanto de ajustarse a los intereses de los alumnos, fruto de sus experiencias con el entorno en general, sino que pueda tener en cuenta dichos intereses para ampliarlos y lograr que aquello que se haga en clase pueda abrirnos nuevas perspectivas.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *Tan importante o más que incluir actividades que propicien el aprendizaje de conocimientos desde los contenidos conceptuales que deben saberse y las destrezas científicas que deben ponerse en práctica, es prever actividades que generen una actitud positiva hacia las ciencias saliendo al paso de visiones incorrectas acerca de los científicos, de las relaciones ciencia, sociedad, de la evolución histórica de la ciencia, etc.*

Así pues con estas consideraciones, los profesores además de haber realizado un ejercicio fructífero donde han tenido oportunidad de activar cognitivamente sus nuevas ideas respecto a la enseñanza de las ciencias, han llegado a comprender que el diseño del currículo exige la definición de unos conceptos básicos que deben ser construidos colectivamente por los equipos de profesores en el marco de perspectivas globales que pueden ser las que definen las instituciones en particular, o las políticas públicas nacionales sobre educación científica y formación de profesores en general. Lo importante aquí es resaltar el hecho del trabajo colectivo, el que el profesor no se convierta únicamente en un ejecutor de propuestas curriculares, sino ante todo en un experto profesional que diseña los currículos de los contenidos que va a desarrollar con sus estudiantes, teniendo en cuenta no solamente los conocimientos en relación con la disciplina a enseñar sino los compromisos epistemológicos, los conocimientos en didáctica de la disciplina que enseña, los conocimientos históricos de la disciplina, y otros conocimientos que aportan a la mejora de la enseñanza pensada como ayuda para el aprendizaje como la psicología cognitiva, la psicología del aprendizaje y la pedagogía. En todo caso, queda absolutamente claro en el grupo de profesores que participa en este programa de formación, que analizar criterios básicos conceptuales sobre el que descansa un modelo de organización curricular, puede permitir hacer modificaciones interesantes a las expectativas curriculares que antes podrían considerarse como compartimientos exactos e inmodificables.

Los aspectos como los aquí tratados y que favorecen la toma de decisiones por parte de los profesores para organizar currículos de sus asignaturas, pueden obviamente estar sometidos permanentemente a la crítica y a la revisión, fundamentados especialmente por una parte en los resultados de los aprendizajes obtenidos por los estudiantes, y por otra en la confrontación de dichos resultados con las investigaciones que se vienen desarrollando en didáctica de las ciencias experimentales. Esta es, a juicio del equipo de profesores, una de las conclusiones fundamentales de este programa de formación, teniendo en cuenta que se evidencia en la práctica cómo el profesorado podría ser copartícipe de la investigación en enseñanza de las ciencias a partir de su actividad diaria. El equipo de profesores recuerda que a través de la componente macrocurricular, además de identificarse compromisos epistemológicos y referencias históricas sobre los conocimientos a desarrollar, también se tienen en cuenta grandes expectativas en la apreciación de los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Allí también se incluyen finalidades de la educación científica y finalidades de

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

la formación de profesores de ciencias. Todo ello debe ser coherente con la componente mesocurricular que identifique modelos de enseñanza coherentes con las finalidades de enseñanza y con las concepciones del conocimiento que se desea implementar con los estudiantes, en otras palabras, con las competencias esperadas de su proceso de formación. Finalmente, la concreción de estas dos componentes curriculares debe evidenciarse en la componente microcurricular, donde no solamente se estructura el plan de estudios, sino las secuencias de contenidos y los modos de evaluación que son coherentes con lo planteado desde la estructura macro y mesocurricular.

Los contenidos metodológicos que como hemos visto ayudan a aproximar a los estudiantes a apropiarse el conocimiento científico acorde con la metodología de investigación científica adoptada por las corrientes epistemológicas contemporáneas, pueden generar expectativas positivas en los estudiantes lo que a su vez favorece el aprendizaje de actitudes hacia la ciencia, hacia el aprendizaje de la ciencia y hacia las implicaciones sociales de la ciencia. Mc Donald (1975) y Johnson (1992), han planteado que un diseño curricular que permita identificar unas expectativas básicas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, debería satisfacer varios elementos como los objetivos generales del currículo los cuales deberían centrarse en dar a los estudiantes visiones científicas del mundo. Para ello, los currículos deberían servir para favorecer en los estudiantes un aprendizaje de versiones actualizadas científicas de su entorno, y al mismo tiempo para mostrar los procedimientos seguidos por la ciencia y la tecnología en la construcción de conocimientos del mundo que nos rodea.

De esta forma podríamos integrar no solo los intereses del conocimiento científico, representado en el aula por los profesores que serían los voceros de las comunidades científicas, con el papel esencial que debe favorecer la visión de la construcción científica del mundo por parte de los alumnos. El currículo tiene que satisfacer las necesidades e intereses de los estudiantes, favoreciendo el desarrollo de ideas positivas respecto a las ciencias; por tanto, la escolarización debería procurar el desarrollo de cambios actitudinales positivos hacia las ciencias y hacia su aprendizaje. Los resultados de la investigación nos refieren efectos muchas veces adversos y directamente proporcionales a la enseñanza recibida (Schibecchi, 1984), por tanto este es un asunto que hoy en día se considera como relevante en la investigación en educación científica (Kempa y Martín, 1989).

Otra necesidad de un currículo de ciencias es que éste ha de atender intereses sociales; cada vez hay más demanda social por la ciencia y por las relaciones entre la ciencia y las tecnologías y su impacto en la cultura. Aunque han transcurrido ya varias décadas como dice Furió (2001), desde que Langevin (1926), pronosticara un cambio profundo en el concepto de cultura situando la ciencia y la tecnología como base de unas nuevas humanidades, y la aparición en la sociedad actual de nuevos problemas medioambientales derivado de las relaciones controvertidas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, exige elevar el nivel

formativo científico de los ciudadanos con el fin de comprender mejor toda esta información y poder tomar mejores decisiones. Así pues, con todo ello podemos concluir que el diseño de un currículo de ciencias, debe tener como centro las finalidades y los objetivos particulares del currículo, claramente identificadas de manera que las intenciones de quienes diseñan el currículo puedan verse reflejadas en lo que se hace en las estructuras cotidianas del trabajo del aula de clase.

Estas orientaciones que deberían estar fundamentadas no solamente en claros conocimientos científicos que nos permitan orientar los contenidos mas relevantes a desarrollar, han de tener en cuenta las concepciones epistemológicas contemporáneas sobre el conocimiento científico, que nos ayuden a identificar las maneras de comprender la actividad científica, así como apoyarse en conocimientos correctos y precisos de la historia de la disciplina que se enseña, a fin de explicitar claramente en el aula de clase las grandes transformaciones que el conocimiento científico ha tenido. Así mismo debe considerar un aprendizaje correcto de contenidos conceptuales, de contenidos metodológicos y de contenidos actitudinales. Debemos recordar que en las últimas décadas las principales preocupaciones acerca del currículo, casi siempre venían centrándose en cómo adquirir conocimientos conceptuales; sin embargo últimamente estas tendencias vienen cambiando teniendo en cuenta que ahora en el currículo se incluyen otros aspectos como lo relativo a la enseñanza social de las ciencias, y a su relación con los propios intereses de los alumnos (Hodson, 1993; Bybee y de Boer, 1994).

EL DISEÑO DE UNIDADES DIDÁCTICAS DESDE UNA ORIENTACIÓN CONSTRUCTIVISTA: LOS PROGRAMAS GUÍAS DE ACTIVIDADES

A.64. Pasamos ahora a abordar con los profesores la comprensión del currículo en términos de programas de actividades que favorezcan el diseño de unidades didácticas a partir del cuerpo de conocimientos elaborado a lo largo de este programa de formación, y que ha de estar acorde con las expectativas de un modelo de enseñanza orientado por la idea de la investigación dirigida. En tal sentido debemos recordar que deberíamos pensar entonces en la organización de propuestas de actividades y en cómo desarrollar una idea de docencia como actividad de investigación.

Comentarios A.64. Se procura en esta actividad tratar de organizar conjuntamente entre los profesores un programa de actividades desde una orientación claramente constructivista que permita el diseño de unidades didácticas. Según Furió (2001), la necesidad de una mejora de la enseñanza de las ciencias se ha concretado en su Grupo de Investigación en Programas Guías de Actividades. Furió y Gil (1978) afirman que la idea básica es que el desarrollo del tema ha de programarse a base de actividades que realizan los alumnos, constituyendo lo que

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

se podría denominar un programa guía. Con estas actividades se trata, en la medida de lo posible, de colocar a los alumnos en situación de producir conocimientos, de explorar alternativas, superando la simple asimilación de conocimientos ya elaborados, de que el profesor conozca cómo se alcanzaron históricamente dichos conocimientos y sepa dar la vuelta a la información. Así entonces la elaboración de programas guías consiste en la elaboración de actividades que se propongan a los alumnos a través de los cuales ellos pueden elaborar conocimientos (Gil y Martínez - Torregrosa, 1987). Este conjunto de actividades ha de poseer, por una parte una lógica interna que evita un aprendizaje inconexo y ha de cubrir el contenido del tema aprovechando la familiarización de los alumnos con la tecnología científica, pero por otra parte, incluir la discusión de las implicaciones sociales de las ciencias; es decir que finalmente en el marco de todo este conjunto de actividades, se puedan favorecer y poner en evidencia cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales.

El trabajo de los profesores debe considerarse como una traducción de la información que se ha de transmitir, en actividades que suponga una puesta en evidencias del aprendizaje significativo. La intencionalidad es que los profesores puedan reconstruir este conocimiento científico ya elaborado, en forma de preguntas interesantes que puedan ser de interés en el marco de un programa de actividades y que favorezcan una auténtica producción del conocimiento por parte de los estudiantes; recordemos que estamos hablando de propuestas de enseñanza de las ciencias abiertamente constructivistas. Ello exige un cuidadoso trabajo de preparación del desarrollo de los temas y la contrastación de los mismos durante la clase, desde las actividades de iniciación hasta las actividades de finalización; esta forma de trabajo es convergente con orientaciones constructivistas sobre el currículo, apoyadas por investigaciones en didáctica de las ciencias. Un programa de actividades debe experimentar modificaciones sustanciales de un curso a otro, es decir, deben comprenderse como auténticos trabajos de investigación por parte de los equipos de profesores.

Por otra parte estos programas no son válidos sino solamente para aquellos profesores que han participado en su elaboración, o fundamentalmente para quienes se han apropiado de programas ya elaborados a través de una necesaria adaptación con introducción de nuevas actividades. Es decir no se trata de construir nuevas enseñanzas que nos lleven a un activismo inoperante que no de sentido claro y explícito a lo que pretendemos desarrollar, que es una participación del profesorado como investigadores de educación científica. Así, el equipo de profesores recuerda la metáfora que guía el modelo de enseñanza aprendizaje de la ciencia como investigación orientada que es el sustento conceptual base que recoge todos los resultados en didáctica de las ciencias desde el punto de vista de los conocimientos teóricos, los impactos de la nueva historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, los resultados recientes en investigaciones de las ciencias cognitivas, de la pedagogía, todo ello para favorecer el aprendizaje significativo de conceptos, teorías y principios científicos entendidos como cambios en las formas de pensar, de sentir y de actuar en los estudiantes: el

profesor desempeñándose como director de equipos de investigación novatos y los estudiantes desempeñándose como investigadores novatos, que traban en equipos solidarios cuya finalidad es la resolución de problemas de interés desde el punto de vista de los conocimientos científicos.

La dificultad que se tiene para favorecer un Intercambio permanente entre los grupos de estudiantes y sus profesores, ha conducido a conseguir una forma mas estructurada que consiste en que antes de la realización de cada actividad, se produzca una puesta en común antes de pasar a la siguiente; ello debe permitir al profesor sintetizar los aportes de los grupos, orientando al mismo tiempo la introducción de la siguiente actividad. Esta puesta en común no puede emplear un tiempo excesivo, para ello pueden utilizarse técnicas como la transcripción simultánea de las repuestas de los grupos, solicitar la respuesta de un solo grupo, y si es necesario criticar, completar o matizar. En cualquier caso es necesario que el profesor juegue un papel activo, no olvidando su papel como director de grupos de investigación novatos, centrando sus intervenciones y realizando en los momentos oportunos reformulaciones globalizadoras. No siempre es conveniente esperar a que todo los grupos hayan terminado antes de pasar a una puesta en común, porque ellos podría entorpecer el ritmo normal de la clase; la puesta en común debe ofrecer la posibilidad de completar el trabajo pendiente de algunos grupos, y por otra parte generar cierta atención positiva para que el trabajo se haga fácilmente dentro de los límites adecuados resultando beneficiosos para evitar la dispersión y el aburrimiento. Los profesores, en consecuencia debemos estar atentos al trabajo de todos los grupos, saber pasar a la discusión global en el momento oportuno y naturalmente evitar que haya ocasiones en que el trabajo de los grupos pueda resultar ineficaz. La información generada por los estudiantes puede resolver el problema que los grupos se han planteado previamente al valorar el trabajo cuyos resultados incluso han sido infructuosos.

A.65. Examinadas estas consideraciones que sintetizan los desarrollos de la Didáctica de las Ciencias en forma de programas de actividades, conviene ahora preguntarnos sobre cómo diseñar programas de actividades que hagan posible todo lo anteriormente planteado y ante todo favorezcan una construcción de conocimientos por parte de los alumnos.

Comentarios A.65. Driver y Oldham (1986) mencionan diversos trabajos de investigación aplicada para el diseño y desarrollo de programas de actividades. Estos trabajos tienen en cuenta los aportes de la investigación en el diseño de las actividades y someten a contrastación experimental las diversas actividades de cara a favorecer aprendizajes significativos y a generar actitudes positivas hacia el aprendizaje. Desde este punto de vista, los programas de actividades aparecen como modelos de enseñanza, dando la oportunidad para que los profesores puedan reelaborar sus diseños; ello supone mucho más trabajo para

los profesores pero sin duda el resultado revierte este mayor esfuerzo: el desarrollo en la práctica de una opción docente eficaz y satisfactoria.

El carácter de investigación que tiene la elaboración y la aplicación de programas de actividades, hace en los profesores notar la incoherencia que supondría cualquier intento de formalizar las ciencias como esquemas rígidos, es decir de suponer que los contenidos podrían ser enseñados simplemente por la vía de la transmisión verbal; sin embargo también es necesario evitar las elaboraciones rápidas de estrategias. Driver (1986), en su equipo de la Universidad de Leeds, sugiere las siguientes actividades a la hora de planificar programas guías de actividades: identificar las ideas de los estudiantes, poner en cuestión dichas ideas mediante el uso de contra ejemplos, predisponer a los estudiantes para la introducción de nuevos conceptos, y usar las nuevas ideas en diversos contextos. Se trata de estrategias de cambio conceptual, recurrentes en modelos de enseñanza de las ciencias desarrollados en los últimos años.

Variadas ideas en didáctica de las ciencias han manifestado su reserva hacia estrategias orientadas a promover explícitamente cambios conceptuales tal y como se sugiere por la propuesta de Driver (1986) basadas en tesis como las sugeridas por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982). Se ha sugerido, si bien manteniendo como finalidad alcanzar aprendizajes significativos de las ciencias, que se debería plantear la elaboración de actividades a partir de la generación de un interés preliminar por la tarea, valga decir la conexión entre las ideas previas y la visión del mundo en relación con asuntos del contexto de los estudiantes, de modo que dichas ideas previas no se consideren por parte de los profesores como errores de partida que luego podrían hacerse entrar en cuestión mediante la emisión de contraejemplos.

El desarrollo de un tema puede entonces tratarse como el tratamiento de una problemática planteada, un tratamiento que ha de ser inicialmente cualitativo y que conduciría a la formulación de problemas mas precisos y por supuesto a la construcción de hipótesis que ayuden a focalizar el tema que se va a trabajar. La construcción de hipótesis es la oportunidad por excelencia donde las ideas espontáneas de los estudiantes pueden aparecer con mayor facilidad, al tiempo que su estatus de hipótesis de trabajo evita la frecuente sensación en los estudiantes de tratarse de cuestionamientos personales sobre ideas que a lo mejor después serán derrumbadas por parte del profesor. Así pues, en la medida que el estudiante aborda su trabajo utilizando los principios de la actividad científica, donde el profesor puede identificar sus ideas y donde los estudiantes aprenden a reconocer que sus ideas no son grandes errores sino concepciones diferentes a las que la humanidad ha desarrollado desde el conocimiento científico, y donde todo el tratamiento se desarrolla como una actividad de investigación, constituye elementos fundamentales para encarar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como construcción de conocimientos que favorecen un aprendizaje más significativo y relevante, y más útil a la hora de explicar situaciones del entorno.

Debemos recordar por otra parte que cuando hablamos de construcción de hipótesis, no nos estamos refiriendo exclusivamente a hipótesis para investigaciones estrictamente experimentales, ante todo el trabajo de reconstrucción de conocimientos puede tratarse como planteamientos de situaciones problemáticas. La introducción de magnitudes como cantidad de movimiento o cantidad de sustancia tiene inicialmente el carácter de una hipótesis de actividades a ser contrastada a través de la validez global de un cuerpo de conocimientos construido con su uso. Ello estaría de acuerdo con una unidad de tratamiento en un diseño curricular base para los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, y tendría las características del trabajo científico como la elaboración de estrategias de resolución, la realización de experimentos y el análisis de resultados obtenidos. En el análisis de los resultados obtenidos por los alumnos se pueden generar conflictos cognoscitivos y conducir a la emisión de nuevas hipótesis que favorezcan la reconstrucción de concepciones científicas. Todo ello se produce de forma funcional como resultado de un tratamiento de problemas y no como confrontación entre concepciones personales y científicas. El manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones, incluidas las que permitan detectar las persistencias de concepciones alternativas, hará posible la profundización y el afianzamiento de estos conocimientos mostrando su carácter de cuerpo coherente; sin embargo se puede recurrir a actividades que vayan desde el establecimiento de intereses y de semejanzas que planteen un límite a la validez de las estimaciones cuantitativas de cantidades, hasta la resolución de problemas de lápiz y papel y el planteamiento de situaciones abiertas a investigar en el marco de los cuerpos de conocimientos disponibles.

Comentario adicional 28 debido a la dinámica del Programa. Es necesario tener presente que en todo este tratamiento, deben incluirse las complejas relaciones ciencia – tecnología - sociedad, en consecuencia pueden considerarse actividades como lecturas, discusiones de notas científicas, visitas a laboratorios o fábricas, etc., que dan sentido a situaciones de intereses de la vida práctica, a la toma de decisiones y dramatizaciones en torno a situaciones conflictivas. También nos podemos referir a las actividades que podremos denominar de recapitulación, que deberían conducir en lo posible a la elaboración de productos destinados a ser presentados y comentados en clase y en ocasiones mostrados a otros colectivos, por ejemplos a otras clases, otros colegios, etc.; se puede incentivar así la reelaboración de la información obtenida construyendo esquemas, mapas conceptuales, síntesis, que permita a los alumnos considerar visiones globales y disponer de materiales adecuados para futuras revisiones. En el diseño de actividades puede recurrirse al uso de computadores para ser utilizados en distintas modelaciones, en el uso de multimedia especializada, etc. No se trata de sustituir con computadores la realización de experimentos, pero si pueden servir para ofrecer nuevas posibilidades teniendo en cuenta muchas veces las dificultades de poder desarrollar prácticas de laboratorio en ciertas instituciones escolares. También hay que tener presente que en las actividades, el papel del profesor puede servir no solo para contextualizar los

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

conocimientos científicos y notar su evolución y sus implicaciones en la tecnología y la sociedad, sino también para hacer posible la comprensión profunda de las materias estudiadas y de la naturaleza de las ciencias.

En un trabajo desarrollado por Martínez – Terrades (1998), en relación con el desarrollo de la didáctica de las ciencias como cuerpo de conocimientos autónomo, y con la evidencia de los trabajos que se han ido desarrollando en este campo del conocimiento educativo, queda claro que la didáctica de las ciencias viene consolidándose como un cuerpo conceptual, coherente y autónomo, que por supuesto se relaciona con otras disciplinas del conocimiento para dar cuenta de las problemáticas asociadas con la enseñanza de las ciencias. Quizás una de las principales motivaciones que ha suscitado el desarrollo del presente trabajo de formación de profesores de ciencias en el marco de una investigación para optar a un título de Doctor, se debe justamente a la importancia que tiene para el profesorado de ciencias, especialmente para el profesorado de química encargado de la formación inicial de futuros profesores de química, el replanteamiento fundamentado de la actividad profesional diaria sobre la base que es posible aprender mediante investigaciones orientadas que favorezcan cambios significativos y relevantes en los estudiantes. Esto ha resultado ser de primordial importancia para el reconocimiento de la existencia de una docencia del sentido común, especialmente para considerar que la investigación de los profesores universitarios no se concentra fundamentalmente en la investigación sobre los cuerpos disciplinares. Según todo lo elaborado hasta ahora, el reconocimiento de nuevas orientaciones para la enseñanza de las ciencias implica considerar la investigación en educación científica, ante todo porque se trata de un campo que tiene toda la importancia y toda la complejidad, lo que implica reconocer y valorar su complejidad y sus impactos de cara al aporte de construcción social y de ciudadanía.

Se trata que los profesores participantes en este programa reconozcan la importancia de aprender a organizar didácticamente los conocimientos que se enseñan, aprendan a reconocer y a orientar actividades de elaboración de las diferentes clases de conocimiento científico, de plantear secuencias de contenidos en el marco de estructuras curriculares coherentes con la manera como se presentan y se elaboran los conocimientos científicos, de aprender a desarrollar actividades desde el inicio de tratamientos de situaciones problémicas, hasta los resultados de la evaluación en el aprendizaje, los cuales han de darse siempre sobre la base que se trata de ser coherentes con los resultados de la investigación que en didácticas de las ciencias se vienen logrando recientemente. Como lo sugiere Furió (1997), queda claro que se haría cuando menos importante, que la práctica profesional de los profesores de ciencias ha de estar mediada por la incorporación de los resultados de la investigación y la innovación en investigación científica en dicha práctica profesional, de forma que estos resultados no se asumen como dominios aislados. Sin embargo, también se llama la atención en el sentido que no basta con saber bien la disciplina a enseñar para ser un buen profesor (Gil, 1991) o con tener buenas aptitudes para trabajar con personas.

A.66. Para concluir, debemos tener en cuenta que la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias, y particularmente las líneas de investigación que han ido progresivamente consolidando la fundamentación conceptual y la emisión de alternativas prácticas en torno a los enfoques de enseñanza por investigación orientada, han estructurado algunos aspectos a considerar en los currículos de ciencias que favorecerían un aprendizaje por construcción de conocimientos. Esta organización curricular, como hemos visto, se propone a través de programas de actividades (Gil y Martínez – Torregrosa, 1987; Gil, Carrascosa, Furió y Martínez – Torregrosa, 1991; Wheatley, 1991; National Research Council, 1996 y 2003; Furió, 2001). Conviene considerar cada uno de los aspectos que se proponen con el ánimo de acabar de comprender las diferentes características que componen en lo básico, un programa de actividades.

Comentarios A.66. Una Unidad Didáctica es una estrategia con finalidades de enseñanza que se concreta en Programas – Guías con los cuales se orientan finalidades de aprendizaje. En tal sentido, el desarrollo de un tema puede programarse a base de actividades que han de realizar los alumnos constituyendo lo que podríamos denominar un Programa – Guía. Con estas actividades se trata de poner a los alumnos en situación de elaborar conocimientos y de explorar alternativas de cara a solucionar problemas de interés para los alumnos y para la ciencia, superando la simple asimilación de conocimientos elaborados.

A continuación se presentan las características indelegables que habrían de considerarse en un Programa de actividades, tal y como lo han sugerido los Profesores Participantes del Programa:

- *Presenta situaciones problemáticas abiertas de manera que los alumnos puedan tomar decisiones para precisarlas.*
- *Favorece la reflexión sobre un posible interés de las situaciones propuestas que de sentido a su estudio.*
- *Potencia el desarrollo de actitudes positivas y un clima próximo a lo que es una investigación colectiva.*
- *Plantea análisis cualitativos sobre el problema a tratar, ayudando a plantear variables y a definir hipótesis fundamentadas en los conocimientos disponibles.*
- *Plantea estrategias que incluyan, de ser el caso, la formulación de diseños experimentales.*
- *Plantea el análisis detenido de resultados a la luz de los conocimientos disponibles, de las hipótesis manejadas y/o de los resultados de otros autores.*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

- *Plantea reflexiones sobre las relaciones y las contradicciones entre conocimientos previos y nuevos conocimientos.*
- *Plantea estrategias que favorezcan la autorregulación del trabajo de los alumnos.*
- *Considera posibles perspectivas de los nuevos conocimientos elaborados (replanteamiento del estudio con otros niveles de complejidad, con otros problemas derivados, etc.)*
- *Considera implicaciones CTS de los estudios realizados.*
- *Plantea estrategias para lograr esfuerzos de integración de los nuevos conocimientos, considerando la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos y las posibles aplicaciones a otros campos de conocimiento.*
- *Sugiere claves para la elaboración de memorias que den cuenta del trabajo realizado.*
- *Potencia la dimensión colectiva del trabajo especializado organizando equipos de trabajo, facilitando la interacción entre los equipos y la comunidad especializada (representada en la clase por el resto de equipos, el cuerpo de conocimientos construido, los textos, el profesor como experto,...)*

Comentario adicional 29 debido a la dinámica del Programa. Plantear la enseñanza de las ciencias como espacio académico para la resolución de problemas del contexto y de interés para alumnos y para la ciencia, es hoy un principio en la Didáctica de las Ciencias de naturaleza constructivista. Los diversos enfoques que se han postulado para lograr este propósito, se enmarcan en la condición del profesor como investigador. El equipo de profesores que ha vivido la experiencia de recorrer este programa de formación docente, ha podido vivenciar que alcanzar esta condición debe darse, al menos, en los siguientes eventos de su práctica profesional:

- *Considerando el currículo en general, y el currículo de ciencias en particular, como un Proyecto de Investigación, con todo lo que ello implica.*
- *Orientando las clases de ciencias (de teoría, de ejercicios, de trabajo práctico de laboratorio, de salida de campo, etc.) como un espacio de investigación que persigue, a partir de problemas abiertos y de interés, que los estudiantes (en su condición de investigadores novatos) elaboren conocimientos conceptuales desde los cuales a través de conceptos, entramados conceptuales (teorías) y principios, puedan explicar de manera eficaz problemas y puedan solucionarlos; conocimientos actitudinales predisponiéndose de manera diferente hacia el conocimiento científico, hacia las diversas manera de aprender conocimientos científicos y hacia las implicaciones sociales del conocimiento científico, desarrollando más y mejores motivaciones hacia el pensamiento divergente, hacia el análisis riguroso y hacia la relaciones entre una disciplina intelectual y una disciplina experimental; y conocimientos procedimentales para saber hacer en la práctica la resolución de los problemas, siguiendo los cánones*

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

de la actividad científica a la luz de las concepciones epistemológicas de la ciencia contemporáneas.

- *Reconociendo que la enseñanza de las ciencias es una actividad fundamentada en un cuerpo de conocimientos, la Didáctica de las Ciencias Experimentales, lo que la hace una auténtica actividad profesional. Por tanto, corresponde para aportar a su desarrollo, poner en práctica investigaciones sugeridas, realizar sus propias investigaciones y aportar al desarrollo de los diferentes paradigmas teóricos que dan sentido a este cuerpo de conocimientos.*
- *Adquiriendo la cultura del trabajo docente como una actividad colectiva, que procura, a partir de problemáticas asociadas con la enseñanza de las ciencias, resolver problemas siguiendo los derroteros conceptuales, actitudinales y experimentales aceptados por la investigación y la innovación actual en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Ello cobra más sentido cuando se ha reconocido que la Didáctica de las Ciencias experimentales demanda un vasto volumen de conocimientos que para un mejor tratamiento, ha de ser el resultado de la asociación de especialistas en diferentes perspectivas de la investigación en este cuerpo de conocimientos.*

Los profesores participantes en este programa reconocen ahora la importancia del nuevo rol que les corresponde al sentir, pensar y actuar bajo las características propias del trabajo docente como actividad de investigación. El recorrido del programa que han tenido la oportunidad de seguir, lo han valorado como muy positivo, especialmente porque a su juicio, han logrado vivenciar un modelo de enseñanza de las ciencias como tratamiento de situaciones problemáticas. Aprendiendo Didáctica de las Ciencias siguiendo este modelo, les ha favorecido elaborar y sentir aquello que ellos mismos han acordado catalogar como la “triada indisoluble” de los conocimientos. De hecho, en el transcurso de cada fase de desarrollo del programa, han tenido la oportunidad de elaborar nuevos conocimientos teóricos sobre la enseñanza de las ciencias, muchos de los cuales significaron rupturas fuertes respecto a conocimientos que sobre la enseñanza antes consideraban.

De igual forma, como ellos mismos lo han afirmado, sienten que enseñar química es ahora otra cosa, planear una clase, desarrollarla, evaluar los resultados, lo hacen motivados por otras formas de considerar lo que es la enseñanza de las ciencias, más pensada en cómo favorecer ciertos aprendizajes en los estudiantes que en cómo abordar los temas que se deben abordar. En últimas, dicen “sentirse diferentes” ahora que programan y desarrollan sus clases no como actividad rutinaria sino como actividad de investigación. En últimas, reconocen que han aprendido conocimientos actitudinales hacia la enseñanza de las ciencias que los hace predisponerse ahora de forma diferente respecto a esta difícil, retadora e interesante actividad.

Finalmente, porque han tenido la oportunidad de llevar a la práctica diaria de clase (de teoría, de ejercicios, de trabajos prácticos de laboratorio, de salidas de campo, de visitas industriales,

Anexo 1. El Programa de Formación de Profesores Universitarios de Química

etc.) los nuevos conocimientos conceptuales y actitudinales elaborados. Sus conocimientos procedimentales, les permite ahora, diseñar y desarrollar las clases como tratamiento de situaciones problemáticas, a la manera de auténticas estrategias de innovación en el aula, y no como simple aplicación de técnicas rigurosas acerca de cómo enseñar.

Los nuevos retos que se derivan de la actividad docente como ejercicio de investigación, supera con creces el imaginario rutinario de la enseñanza, y ha invitado a romper a los profesores con esta creencia para pasar mejor a ver esta actividad como una tarea interesante, motivadora, dinámica y creativa, que va desde lo que hacemos para estructurar un currículo de ciencias y hasta la evaluación de todo el proceso. De hecho, haber desarrollado una experiencia de aprendizaje de la enseñanza de las ciencias como actividad de investigación, ha favorecido superar las motivaciones negativas hacia la enseñanza por parte de profesores que de comienzo, eran (y siguen siendo) expertos en sus disciplinas químicas específicas aunque no en su enseñanza. A partir de ahora, por lo que se ha podido percibir de las actuaciones de estos cuatro profesores de Química, cada uno con sus intereses particulares en ciertos ámbitos de la Didáctica de las Ciencias, son, como ellos mismos se han denominado, un "híbrido de investigadores que integra la química y la Didáctica de las Ciencias Experimentales". El análisis de los resultados obtenidos con el tratamiento de los instrumentos finales que hacen parte de esta investigación y el tiempo nos ayudarán a confirmar la pertinencia de este intento por favorecer cambios didácticos en profesores Universitarios de Química.

ANEXO 2

**RESULTADOS DE LA ENTREVISTA
APLICADA A PROFESORES
UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA
DESPUÉS DE SU PARTICIPACIÓN
EN EL PROGRAMA DE
ACTIVIDADES**

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La investigación científica es un proceso complejo donde, con el ánimo de resolver problemas de investigación, se diseñan y desarrollan diferentes variables, hipótesis y observaciones fundamentadas en cuerpos de conocimientos. En consecuencia, existen múltiples metodologías y estrategias para resolver un problema de interés para el conocimiento científico.	He logrado reconocer que cuando uno piensa en un problema, éste no se fundamenta en lo que uno observa o intuye de la realidad; por el contrario, este cobra sentido es desde nuestras ideas, ya sea que provengan de ideas espontáneas de conocimientos más o menos consolidados, en todo caso de cosas que provienen de nuestras mentes. Como las ideas no son exactamente iguales y como los problemas tampoco son siempre los mismos, es posible diseñar variables, hipótesis y experimentos diferentes.	Viendo la forma como actualmente se considera la ciencia, los problemas son el punto de partida en la investigación científica y no las observaciones intuitivas sobre el mundo... bueno, la observación sí pero fundamentada. Tratar los problemas implica fundamentarnos en conocimientos y por tanto todo lo que observamos, pensamos o creemos sobre el mundo se basa en lo que conocemos. Como los conocimientos no son siempre los mismos, porque ellos cambian permanentemente a medida que cambiamos nuestras ideas y nuestras teorías, siempre apreciamos el mundo y por tanto los problemas de interés científico en forma diferente... es por ello, que no podemos decir que existe una metodología única, porque una estrategia para resolver un problema depende básicamente de los conocimientos que le dan forma al problema.	Siempre nos habían enseñado, y yo había enseñado, que la ciencia, para evitar pérdidas en los alumnos, se hacía siguiendo un camino único, lo que habitualmente llamamos el método científico. Sin embargo, si miramos en detalle cómo es que trabajan los científicos, en realidad si reflexionamos cómo hacemos nuestras investigaciones y cómo adelantamos nuestros proyectos, podemos evidenciar que no se trata de caminos únicos... dependiendo de la investigación, debemos seguramente replantear objetivos, hipótesis, revisar nuevos planteamientos teóricos previos antes no considerados, diseñar y realizar variados trabajos experimentales, en fin, creo que ya no puedo hablar de investigación científica con mis alumnos enseñándoles unos pasos... entre otras cosas, yo recuerdo que cuando debía dar este tema a los estudiantes e la Universidad, la evaluación consistía en que me dijeran cada paso del método científico y la definición de cada uno	Cada problema de investigación científico tiene sus propias particularidades y en tanto, sus propias formas de resolución. No es posible pensar en vías únicas y universales que resuelvan los problemas científicos. En cada caso, se diseñan hipótesis particulares, se plantean estrategias de resolución del problema específicas, etc., todo de acuerdo con los cuerpos teóricos de conocimiento desde donde se fundamenta el problema y sus estrategias de resolución.

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

			de ellos... para mi conciencia, lo bueno es cambiar, pero me gustaría tener esos alumnos conmigo nuevamente para compartir con ellos ese tema de manera diferente...	
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Los conocimientos acerca del mundo son producto de nuestras interacciones entre cuerpos de conocimientos progresivamente elaborados por las comunidades científicas especializadas que nos sirven de soporte y de fundamentación, y la porción de una realidad natural o social que se problematiza y estudia.	Como dije anteriormente, antes creía que la ciencia estaba hecha para explicar la realidad, pero ahora creo que he cambiado de opinión. Más bien con la ciencia inventamos formas de pensar que si salen bien se organizan en teorías reconocidas por toda la comunidad científica, y con ellas nos aproximamos al mundo para no solo describirlo son para explicarlo y para predecirlo. La explicación que hagamos depende de nuestras teorías, como las teorías cambian, las explicaciones también cambian y por eso yo ya no puedo decir que la ciencia es objetiva.	Si la ciencia depende de las ideas personales de cada quien sería completamente subjetiva. Es curioso, antes me refería permanentemente al método científico como único camino para hacer ciencia y como sabíamos, éste comenzaba por la observación... si es así y la observación no estaba cargada como digo yo, de fundamentación en conocimientos, cada quien vería distinto el mundo y por tanto cada quien tendría su propia ciencia, eso sería volver la ciencia como una torre de babel. Pero si la ciencia es abordar problemas desde conocimientos que se van consolidando por acuerdos racionales y sociales de las comunidades científicas, más o menos dependientes de la consistencia de los conocimientos y	Los conocimientos son resultados de nuestros inventos, los cuales van desde elaboraciones de nuevas ideas hasta nuevas aplicaciones prácticas que en muchas ocasiones, van más allá de un salón de trabajo experimental y por tanto alcanzan a la sociedad en general. Como nuestra actividad indagadora es permanente, es muy probable que los conocimientos que tenemos cambien dramáticamente, entonces cambian nuestros imaginarios sobre el mundo... entonces sí puedo pensar que nuestros conocimientos son el resultado del encuentro entre nuestras ideas y nuestras prácticas con el mundo... o con aspectos particulares del mundo sobre los cuales deseamos comprender y explicar...	No podemos reflexionar sobre el conocimiento en extremos. Según el realismo, el conocimiento existe independientemente que los seres humanos estemos presentes o no, pues los conocimientos están en la naturaleza y nuestro deber como científicos es descubrirlos y describirlos convenientemente. El otro extremo, el racionalismo puro, creo yo... supone que los conocimientos solo existen en nuestras mentes de donde provienen las ideas que elaboramos, y que éstos son independientes a la realidad, a la naturaleza... por el contrario, las tesis que propone el profesor Bachelard las considero más adecuadas, pues se trata de suponer que los conocimientos son los resultados de la interacción entre nuestras ideas, visiones, creencias

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

		de su relativo éxito para solucionar problemas, entonces no se ve lo que intuitivamente vemos sino lo que racionalmente queremos ver. Eso hace que la ciencia después de todo sea inter-subjetiva, surge de ideas de grupos de personas que luego van ganando más adeptos, diría yo. Si la ciencia fuera objetiva, entonces los conocimientos los extraeríamos del mundo y no los inventaríamos para explicar el mundo.		sobre el mundo y la realidad. Sin embargo, en estas relaciones, debo decir que entre las ideas y la observación del mundo, están primero las ideas, que son las que controlan por decirlo así, todo lo que observamos.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La observación no es neutral, pues depende de nuestros conocimientos e ideas previas.	Correcto, uno mira desde el punto de vista de las ideas o de los conocimientos que viene elaborando, por eso estoy de acuerdo al decir que no todos podemos ver lo mismo si no nos hemos puesto de acuerdo en un marco de referencia. Los químicos tratamos de ver lo mismo pues manejamos unas ideas más o menos de consenso y por eso nos comunicamos y nos comprendemos sin mayores dificultades.	Sí, como ya lo decía antes, las personas tenemos la capacidad de razonar, de configurar ideas, muchas de las cuales van adquiriendo la forma de teorías... cuando las ideas se organizan en conceptos y cuando éstos se relacionan, estamos ante teorías. Y luego creo que desde las teorías se elaboran hipótesis y se desarrollan estrategias para resolver problemas usando aquellas de que dispongamos en un momento dado. Esto incluye que lo que observamos usando la ciencia, depende más de las teorías que de nuestras	Este es un aspecto que me ha impactado mucho después de haber logrado replantear mis ideas sobre el método científico... antes pensaba que toda investigación científica partía de la observación y en general de lo que percibieran nuestros sentidos, pero entonces ¿cómo llegar a percibir los átomos por ejemplo?... Es más factible pensar que cuando me hago ideas sobre el mundo, y me voy convenciendo de ellas, voy haciéndome imágenes que influyen sobre mis sentidos. Vimos varios ejemplos entre nosotros mismos,	Como acabo de decir... la observación depende de nuestras ideas, de los conceptos que vamos elaborando progresivamente, de las teorías que surgen como resultado de la articulación lógica de conceptos variados. Con esta fundamentación, hacemos interpretaciones del mundo o de los objetos de estudio que en particular queremos estudiar. Esto nos ayuda a entender por qué no solo podemos observar lo que nuestros sentidos nos permiten apreciar, también podemos observar muchos fenómenos inalcanzables para

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

		intuiciones personales y por eso estoy de acuerdo con la afirmación que la observación no es neutral y que depende de nuestros conocimientos previos.	donde pudimos comprobar que efectivamente cada uno de nosotros ve los problemas del mundo en forma diferente, todo porque partimos de ideas y de teorías que si bien se parecen entre sí, también tienen sus diferencias... entonces, un propósito educativo es aceptar que nuestros alumnos llegan viendo el mundo y los objetos que queremos estudiar probablemente con muchas ideas diferentes, y se trata entonces de unificar ideas cuando ellos empiezan a aprender teorías científicas más o menos generalizadas y aceptadas por las comunidades científicas... bueno, por una buena parte de la comunidad científica...	nuestros sentidos, incluso usando instrumentos... así vemos átomos, fuerzas, intercambios de electrones en las reacciones químicas, etc...
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
El conocimiento científico siempre está en permanente construcción y por tanto tiene el carácter de provisional y no constituye en sí mismo la realidad.	Te gusta mucho recapitular (risas). Todo tiene que ver con lo que he dicho antes, las teorías siempre cambian y por eso cambian nuestros puntos de vista para ver y para explicar las cosas. La realidad no es como la pintan, en realidad es como queremos que sea.	Creo que mi respuesta a esta pregunta se basa en el mismo razonamiento que hacía antes. Si la ciencia fuera una extracción de lo que hay en el mundo, una vez tuviéramos teorías que lo explican todo completamente, ya no habría por qué cambiarlas. Pero creo que en la ciencia las cosas operan de otro modo... inventamos teorías y	Como creo que lo expresé y lo he dicho a lo largo de las sesiones del seminario... nuestras ideas cambian permanentemente y por tanto los conocimientos que vamos consolidando a partir de ellas, también cambian. Esto explica el avance y la transformación de la ciencia... incluso muchas veces las nuevas teorías son muy diferentes a	Como el conocimiento científico es producto de las ideas que elaboramos sobre el mundo, es entonces comprensible pensar que cuando estas ideas, organizadas en teorías, cambian... pues entonces cambian nuestras explicaciones sobre el mundo. Por tanto, nuestras teorías son siempre provisionales, dependen principalmente de qué tan

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

		con ellas tratamos de explicar y de predecir hechos naturales o artificiales, y esas teorías van cambiando a medida que las que tenemos no nos sirvan para explicar y solucionar nuevos problemas que nos surgen o que creamos, por eso el conocimiento científico se construye permanentemente.	las anteriores, todo porque nuestras formas de pensar parten de puntos de vista muy diferentes. Creo que es bueno siempre hablar de teorías provisionales, ello nos ayuda a generar un espíritu indagador, precisamente porque siempre están abiertas las puertas para enfrentar nuevos retos... en cambio, creo que una de las razones del por qué no interesamos mucho a nuestros estudiantes para que no solo aprendan teorías establecidas sino para que investiguen y procuren crear nuevos conocimientos, es porque ¿para qué investigar sobre algo que ya está resuelto? Y por otra parte, si nuestros conocimientos surgen de lo que razonamos y colectivamente vamos construyendo, entonces, las teorías científicas no describen la realidad, por el contrario la explican, la predicen y la transforman...	efectivas son para ayudarnos a explicar los problemas que queremos o que debemos resolver. En ocasiones, si surgen dificultades para nuestras teorías, intentamos ajustarlas... si estas dificultades son infranqueables, la historia nos muestra que lo que hemos hecho, muy a nuestro pesar, es inventar nuevas teorías que procuren ser más explicativas y resuelvan los problemas que las teorías antecesoras no lograron resolver. Eso sí... en todo caso, a medida que nuestras teorías se desarrollan o cambian, se transforman nuestras imágenes de la realidad... las explicaciones sobre la realidad cambian a medida que cambian nuestras teorías... nuestros enfoques teóricos.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Dado que las teorías científicas se desarrollan permanentemente, nuestras concepciones sobre el mundo no son siempre las mismas.	Esa creo que es una muy buena idea que he aprendido en este curso. Las teorías como nuestros conocimientos cambian cuando encontramos que es necesario	Claro, ligado a lo anterior tendría que decir que cuando cambiamos nuestras teorías, no solo cambiamos nuestras observaciones sobre el mundo sino también	Claro... a lo largo de nuestra historia, hemos hecho grandes cambios en nuestras concepciones, grandes revoluciones que ojala siempre fueran pacíficas... bueno	Justamente esto liga con lo anterior, al cambiar las teorías porque debemos desarrollarlas, se transforman nuestras concepciones sobre el mundo y por tanto lo que

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	<p>afinar nuestras explicaciones sobre un objeto de estudio. Después de eso he entendido que saber química implica saber cómo han cambiado nuestras ideas sobre el mundo desde el punto de vista de la química, ... es decir, ya no debemos suponer que las ideas que habíamos siempre aprendido, aplicado y enseñado, eran las mismas.</p>	<p>nuestras ideas y nuestras creencias. Posiblemente lo que hoy enseñamos, no serán los argumentos teóricos vigentes en unos cuantos años más, así como tenemos certeza que los conocimientos actuales no siempre se han enseñado... sencillamente porque no los habíamos inventado.</p>	<p>en la ciencia casi siempre ha sido así a pesar de las evidencias de las grandes polémicas suscitadas justamente cuando se enfrentan defensores de teorías que se apoyan en ideas un tanto contrarias... En todo caso, sí considero que nuestras ideas cambian y por tanto cambian nuestras teorías sobre el mundo.</p>	<p>podemos describir, explicar o predecir de él, varía significativamente... el estudio de la historia de la ciencia nos muestra magníficos ejemplos al respecto, por ejemplo, el cambio en nuestras concepciones que hacían suponer que el micromundo, el mundo de los átomos, podía explicarse como un sistema planetario en miniatura usando la lógica teórica de la mecánica clásica y que demostró ser insuficiente para explicar nuevos problemas sobre el comportamiento de los átomos. Por ello hubo necesidad de crear una nueva mecánica, la cuántica, que desarrolla otros postulados y que por ahora, nos funciona bien para nuestras comprensiones sobre el mundo a nivel atómico y molecular...</p>
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
<p>En la observación de la realidad es imposible evitar algunas deformaciones que puede introducir el observador, dependiendo de sus ideas, experiencias y conocimientos previos.</p>	<p>Como hemos dicho, la observación no es neutral. Así es lógico suponer que cuando me enfrento a un problema de investigación, la forma de encararlo tiene sus sesgos, dependiendo de mis intereses, de mis expectativas, de mis</p>	<p>Es claro para mí que no se observa objetivamente. Siempre tenemos conocimientos de partida, y si no, creencias y expectativas. Todo ello juega un papel importante al momento de encarar la solución de problemas de interés científico.</p>	<p>Como lo he dicho, nuestras observaciones y demás sensaciones sobre el mundo dependen de nuestras ideas, como lo vimos en el seminario... vemos con anteojos conceptuales pre-determinados, entonces no</p>	<p>La observación depende de nuestras teorías, de nuestras ideas disponibles en un momento dado. Muchas veces puede suceder que nuestras ideas no nos permitan observar el mundo como quisiéramos, lo que implica primero</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	conocimientos, de mis creencias...		podemos esperar ver la realidad objetivamente sino que la vemos como queremos que sea. Ahora yo no creo que sean deformaciones, son más bien puntos de vista diferentes justamente debidos a ideas de partida diferentes.	modificar estas ideas, creencias o teorías para lograr comprensiones diferentes del mundo. Aquí a mi modo de ver está una de las claves en el aprendizaje de las ciencias... no podemos esperar que nuestros estudiantes observen el mundo de manera alternativa a como cotidianamente se hace, si antes que todo no logramos cambiar sus ideas y sus conocimientos previos. El enunciado de la pregunta también nos ayuda a explicar por qué diferentes personas, entre expertos y novatos, pueden dar explicaciones diferentes acerca de un fenómeno o de un evento determinado, cada uno lo explica desde su punto de vista, desde sus concepciones de referencia...
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
El experimento científico hace parte de las estrategias que ponemos en marcha en un proceso de investigación científica, incluye el desarrollo de habilidades técnicas para su ejecución y nos ayuda a plantear nuevos problemas de estudio o a validar la coherencia y el poder explicativo de las teorías	Muy bien... el experimento ha dejado de ser para mí la comprobación de una teoría para decidir si es buena o mala, creo que debemos darle una nueva dimensión al experimento y por eso comparto con la afirmación del cuestionario que tienen que ver con mucho de lo que tratamos en el	Efectivamente considero que el experimento hace parte de las estrategias que diseñamos para resolver problemas de interés para la ciencia. De otra parte, considero que no hay caminos ni soluciones únicas para resolver un problema, así que no podemos afirmar si el experimento va antes o después, es	Estas ideas que se proponen en la pregunta creo que son muy importantes para lograr poner en práctica en la educación científica... en la investigación científica sabemos que el experimento no ocupa un orden específico, podemos iniciar la caracterización de un problema replicando un	Ciencias como la química son experimentales porque casi todas nuestras ideas sobre la naturaleza desde el punto de vista de química las validamos usando el experimento... pero como hemos tenido oportunidad de aclarar, el experimento no es el modo como comprobamos teorías, ni es el punto

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

<p>científicas.</p>	<p>curso. El experimento es parte de la investigación, no podemos decir si debe ir primero o en medio o al final de la investigación... eso depende del problema, de lo avanzado del marco teórico, de si contamos con hipótesis claras y con variables definidas. Al fin de cuentas, hace parte de la estrategia y con él podemos consolidar teorías o incluso, replantearlas.</p>	<p>probable que en una misma investigación se diseñen y ejecuten variados experimentos, todo para recoger información de utilidad que pueda ser analizada y utilizada para solucionar el problemas que traemos entre manos.</p>	<p>experimento, pero podemos diseñar y desarrollar muchos trabajos experimentales más a lo largo de una investigación, incluso muchos de ellos podemos rechazarlos y podemos a veces incorporar unos nuevos que al inicio del proyecto no habíamos supuesto... todo depende de la naturaleza y de la complejidad del problema... En cambio en educación lo hacemos muy pre-determinado, casi siempre damos el contenido en la clase y luego lo corroboramos o lo complementamos con un trabajo experimental... claro que estas metodologías reforzaban la idea de un método único en la ciencia... primero observar el problema, después estudiar lo que se ha hecho sobre él, luego experimentar, y así sucesivamente...</p>	<p>de partida para adentrarnos en nuevas investigaciones... más bien creo que cuando nos planteamos un problema, ubicamos los fundamentos desde donde queremos abordarlo, examinamos nuestros conocimientos disponibles y procuramos ampliarlos lo mejor posible para tener una sólida fundamentación del problema, pero al mismo tiempo diseñamos estrategias para su resolución, proponemos hipótesis de partida las cuales vamos consolidando a lo largo de la investigación, identificamos variables y decidimos cómo relacionarlas y cómo acotarlas, pensamos en diseños experimentales para obtener datos que nos ayuden a encontrar soluciones a los problemas, los realizamos y verificamos si nos son útiles...si no los replanteamos hasta encontrar información relevante para la solución del problema, comunicamos los resultados y miramos qué nuevas expectativas de problemas surgen... en fin, la investigación científica no se hace paso a paso como suponer que</p>
---------------------	---	---	---	---

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

				<p>hasta no terminar uno no se pasa al siguiente y que una vez resuelto un paso ya no se puede regresar, sino al contrario, es un proceso dinámico, cíclico, con idas y venidas... y el trabajo experimental es solo uno de los componentes de un gran sistema de investigación científica. Viendo así el trabajo experimental, comprendemos que muchas veces para su resolución requerimos de cierta fundamentación técnica, que debe apropiarse durante el programa de investigación, no es necesariamente un requisito para poder entrar a realizar una investigación... en todo caso, el poder explicativo de las teorías que usemos, es pieza clave para prever los alcances explicativos de nuestros experimentos... en ocasiones la historia de la ciencia nos muestra cómo científicos procurando investigar sobre problemas de su interés, encontraron evidencias experimentales no previstas por las teorías lo que favoreció su ajuste o modificación... como no hay pasos rígidos, también es posible suponer</p>
--	--	--	--	---

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

				que los resultados de los trabajos experimentales ayudan a consolidar teorías así que no siempre sirven para corroborar teorías...
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
<p>El conocimiento científico surge por el interés de las comunidades científicas de solucionar situaciones problemáticas que emergen del mundo natural o social o de las ideas propias de dichas comunidades. Las respuestas a dichas situaciones, son en muchas ocasiones, una alternativa para dar respuesta a las necesidades de las personas en general.</p>	<p>Sí claro... ahora veo que el desarrollo de la ciencia no está alejado de los intereses de la sociedad. La sociedad espera de la ciencia que le ayude a resolver problemas, por tanto aunque en ocasiones es posible encontrar investigaciones que han surgido desde el interior de las comunidades científicas, o sea, problemas de interés intrínseco, creo que la mayoría de las veces los problemas son extrínsecos, es decir, la sociedad acude a la ciencia para que al resolverlos ayuden a mejorar nuestra calidad de vida, a crear nueva tecnología... claro que a veces los resultados no son los esperados, o sea no se cumplen todas las expectativas o peor aún, los resultados en vez de ayudar a mejorar la calidad de vida de la gente, termina contribuyendo a que empeore...</p>	<p>Creo que hay muchas fuentes para desarrollar problemas de interés científico... una puede ser los propios problemas que nos inventamos quienes trabajamos y vivimos de la ciencia, otra por desarrollos de la sociedad en general los cuales reclaman soluciones de la ciencia... y otros incluso por situaciones y hechos inesperados tanto para los científicos como para la sociedad en general. En todo caso, siempre los tratamos con los conocimientos disponibles que tengamos en un momento dado.</p>	<p>Al fin de cuentas las personas que trabajamos y vivimos de la ciencia, somos personas que pertenecemos a la sociedad. Por eso los problemas que surgen y que son interesantes para la ciencia, no siempre provienen de lo que se nos ocurre en nuestras oficinas o en nuestros laboratorios, también pueden originarse de lo que nos sucede en la sociedad o de lo que reclama la sociedad...</p>	<p>El punto de partida de la investigación científica es el ánimo que se tienen para resolver problemas... ahora bien, me pregunto de dónde surgen los problemas, pues yo creo que no solo provienen de lo que nos planteamos los científicos, es decir de las preguntas que surgen de nuestras teorías, muchas veces también ocurre que de la vida cotidiana, de la necesidad de resolver nuevas expectativas de la sociedad, hace que se consoliden nuevos problemas... lo que siempre sí se pretende es que la solución de los problemas nos ayude a encontrar mejores soluciones para que todos podamos vivir en este planeta, aunque a veces se atraviesan otros intereses que pareciera ser buscaran otros propósitos... al fin de cuentas somos humanos y por ello tanta diferencia de opiniones y de</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	intereses... Pedro
El conocimiento científico se fundamenta en teorías científicas y por tanto los científicos revisan el trabajo que ellos mismos u otros elaboran al momento de emprender la tarea de solución de problemas.	Me ha quedado claro y ahora me sostengo en que toda investigación ha de partir de los conocimientos disponibles, así que el punto de partida no es solo un asunto que nos llame la atención, sino la revisión de lo que hayamos hecho antes o ahora respecto a eso que nos llama la atención. Debo decir que esta idea la aplicaba sin pensarlo mucho en mis investigaciones en química, pero muy poco cuando de enseñar química se trataba, bueno... es que yo solo me preocupaba por dar temas, casi nunca consideraba enseñar química a partir de problemas que pusieran a pensar a los estudiantes.	Efectivamente considero que nunca partimos de cero. Cuando encaramos un problema, quizás uno de los primeros pasos es la revisión de los conocimientos disponibles que tenemos. Ahora bien, en un caso extremo, supongamos que no hay unos conocimientos científicos previos que nos puedan ser de utilidad para resolver un problema, en ese caso estaríamos abocados a la creación de un nuevo cuerpo de conocimientos... sin embargo, luego de revisar los argumentos de varios epistemólogos que hemos tenido la oportunidad de tratar en el curso, es claro que el intento de los científicos es recurrir a teorías establecidas, si con ellas no logramos resolver los problemas, intentamos ajustarlas y en último caso, es cuando debemos abandonarlas por completo y crear una nueva, más explicativa y predictiva.	Nuestras investigaciones para solucionar problemas no comienzan de cero... si bien nuestras ideas previas juegan un papel muy importante y por ello debemos considerarlas, también tenemos que tener en cuenta los avances que otros han hecho en el pasado... si no sería como siempre pretender comenzar de nuevo... por eso, un nuevo problema para mí implica considerar mis ideas iniciales, ubicarlas respecto a teorías que otros o que nosotros mismos hemos construido, y procurar fundamentarnos en ellas para intentar pasara a solucionar el problema. En conclusión, para resolver problemas de interés para la ciencia, siempre partimos de ideas previas y de conocimientos previos, que al conjugarlos entre sí probablemente nos permiten cambiar o consolidar nuestras ideas para partir así de una base segura para encarar la solución del problema...	Siempre el punto de partida en una investigación científica es la revisión de lo que anteriormente se haya hecho sobre el problema o sobre problemas conexos... la investigación científica no es atórica, siempre se fundamenta en nuestros conocimientos o en nuestras ideas previas, no inicia de una simple observación ingenua y aparentemente neutral...

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Las hipótesis científicas nos ayudan a evaluar la coherencia entre los objetos de estudio, la teoría, las metodologías seguidas en forma de técnicas y estrategias y los resultados alcanzados.	Bien. Como creo que eso del método científico era una influencia de los libros que nos decían que paso viene después del anterior, confieso que me iba armando un rollo cuando veía que las hipótesis no eran un paso predeterminado de algo. Ahora las veo como un motor de las investigaciones, pues son el puente entre el problema, la fundamentación de partida que se haga del problema, la estrategia a seguir para resolver el problema, y los resultados que se obtengan. O sea, sí estoy de acuerdo en considerar las hipótesis como el aspecto integrador y compactador si se quiere, de toda investigación científica...	Reconozco ahora el papel fundamental de las hipótesis en toda investigación científica... ya no se trata de la sistematización de hechos observables, sino de ideas creativas que tienen sentido desde un cuerpo de conocimientos y que además regulan la coherencia interna de la investigación. Podemos más bien referirnos a hipótesis fundamentadas y concebirlas como preguntas reguladoras que integran el problema a resolver, el cuerpo teórico de conocimientos que usamos como herramienta conceptual para abordar el problema, los diseños experimentales, la información obtenida... todo ello para prever alternativas de cómo creemos podríamos considerar y solucionar un problema.	Las hipótesis son muy importantes en la investigación científica porque nos ayudan a precisar el problema y de paso, a prever las estrategias para su desarrollo. Yo las veo como un puente entre la fundamentación del problema y las metodologías para su resolución, así como un parámetro de referencia para analizar las conclusiones que se pueda obtener. En todo caso, so no son como las sugiere la lógica del método científico... como una organización de hechos observables del mundo, considerando a priori una situación que pasa en el mundo y que se prevé seguirá ocurriendo...	Creo que las hipótesis son como un puente permanente entre los diferentes componentes de una estrategia diseñada para la resolución de un problema... deben articular coherentemente el problema, los objetivos que se persiguen, el marco teórico sobre el que fundamentamos el problema, las variables que queremos considerar, los diseños experimentales que ponemos en marcha, los resultados que se alcanzan y los análisis de los mismos, etc. Se trata, con las hipótesis, de dar coherencia a un programa de investigación que impulsamos con el propósito de resolver problemas de interés científico.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Una investigación científica se considera adecuada cuando producto de las revisiones necesarias, se va encontrando coherencia entre una concepción	Completamente de acuerdo. Cuando uno presenta resultados de investigación ante algún organismo financiador, es lo que se pretende. Se busca que el problema, su	Creo que de acuerdo a la naturaleza de la ciencia, no se puede hablar de teorías verdaderas o de teorías falsas. Es preferible referirnos a teorías más o menos explicativas,	Teniendo en cuenta lo que decía anteriormente, el resultado de una investigación no puede aparecer como por arte de magia... las conclusiones que se obtienen deben	La historia de la ciencia nos muestra ejemplos de muchos intentos de resolución de problemas que no han tenido éxito o que han sido superados por intentos alternativos,

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

<p>teórica que fundamenta la situación problémica y las expectativas esperadas en los resultados de dicha investigación.</p>	<p>fundamentación, las hipótesis fundamentadas, la estrategia seguida y los resultados alcanzados sean coherentes entre sí. Así una buena teoría no es que describa muy bien un hecho y considere que es importante repetir muchas veces un diseño para decir que si siempre es igual, entonces estamos al frente de una buena teoría. Creo que la buena teoría es la alcanza esos niveles de coherencia que acabo de decir. Claro... ¿qué pasa si creo que después de 100 datos la teoría es buena porque estos se repiten y el 101 yo no encaja?</p>	<p>dependiendo de su potencialidad para explicar y solucionar problemas. En ocasiones nos encontramos ante teorías que no explican completamente un problema, en ese caso procuramos hacerle ajustes a las teorías, si esto no funciona nos vemos abocados a lo que Kuhn llama entrar en periodos de revolución científica, esto es, cuando debemos crear nuevas teorías para resolver los problemas que las teorías predecesoras no han logrado resolver.</p>	<p>ser coherentes con la fundamentación utilizada, o sea con los conocimientos que hemos usado para apoyar la solución del problema. De igual forma, las conclusiones obtenidas deben ser coherentes con la metodología empleada... en otras palabras, todo debe estar perfectamente relacionado: el problema, la fundamentación teórica de partida, las estrategias utilizadas, los experimentos realizados, la información obtenida, el análisis de esa información para ser convertida en nuevo conocimiento...</p>	<p>esto muestra que la ciencia no es infalible y que cuando nos proponemos resolver un problema, como solo pensar éste ya está resuelto... por eso lo que intentamos hacer es buscar la mejor coherencia posible entre el problema, las estrategias para su resolución y los resultados alcanzados, en el entendido que no buscamos identificar cuáles resultados son verdaderos y cuáles son falsos, sino cuáles pueden ser más útiles y más explicativos...</p>
<p align="center">Pregunta</p>	<p align="center">José</p>	<p align="center">Adolfo</p>	<p align="center">Inés</p>	<p align="center">Pedro</p>
<p>La investigación científica siempre arroja resultados parciales, temporales y susceptibles de modificar, estos resultados por lo general son dinamizadores para la apertura a nuevas investigaciones derivadas de las anteriores.</p>	<p>En la búsqueda de la coherencia como lo dije en la pregunta anterior, siempre es posible desarrollar mejores fundamentos teóricos o mejores estrategias para abordar un problema, entonces el resultado que se obtenga siempre será provisional y siempre será como un trampolín que nos lanza a nuevos problemas y otra vez, a considerar nuevas teorías o al menos teorías más completas desde las cuales fundamentar ese problema... creo</p>	<p>Las teorías científicas son dinámicas, se ajustan permanentemente con la intención de afinar la solución de problemas y la predicción de hechos derivados de las situaciones que se estudian. Así las cosas, la tarea de los científicos no es llevar como inventarios de problemas para solucionar, de modo que cuando uno se solucione pasa el siguiente a ser tratado. Más bien, de las soluciones a los problemas, que</p>	<p>Hemos dicho que nuestras teorías son siempre provisionales... hoy utilizando un cierto conocimiento podemos resolver apropiadamente un problema, mañana ese mismo conocimiento a lo mejor ya no es tan útil pues las condiciones del problema han cambiado. Además, los resultados que se alcanzan en la ciencia siempre sirven como puntos de referencia para iniciar nuevas investigaciones, en la ciencia nunca la resolución de un</p>	<p>No podemos afirmar que una teoría es inexpugnable, perfecta y precisa. Por el contrario, muchas veces una nueva teoría surge cuando las predecesoras pierden su poder explicativo en el sentido que se identifican nuevos problemas que no los pueden resolver. Este carácter temporal de las teorías concede también un carácter temporal a sus resultados... de otra parte, la investigación científica no está hecha para ser como una especie</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	que esa es más o menos la dinámica de la ciencia.	casi siempre son temporales, se matizan, reformulan o diseñan nuevos problemas, lo que en últimas significa abrir nuevas investigaciones, nuevos proyectos...	problema cierra un programa de investigación, por el contrario, casi siempre lo continúan o abren nuevas puertas para nuevos programas de investigación...	de vademécum sobre problemas, pues la resolución de un problema muchas veces es fuente de desarrollo de nuevos problemas... es claro en la ciencia que cuando logramos resolver un problema, la pregunta ya ha cambiado... (risas)
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La ciencia se produce por el desarrollo permanente de modelos teóricos, los cuales compiten entre sí y promueven el desarrollo de unos nuevos. Por tanto, el avance de la ciencia se debe en gran medida a rupturas débiles o fuertes entre modelos teóricos más recientes respecto a modelos del sentido común o respecto a modelos teóricos anteriores.	Estoy de acuerdo. Todo lo que hacemos las personas está orientado por conocimientos que como hemos visto, no son solo las teorías y los conceptos sino también las actitudes y las prácticas. Desde que nacemos, empezamos a desarrollar una forma particular de conocimientos que llamamos conocimientos espontáneos o conocimientos de sentido común. Sin embargo, las personas hemos elaborado otras formas de conocimientos a lo largo de nuestra historia, que poco a poco se han ido separando de los conocimientos cotidianos, entre esos conocimientos están los conocimientos científicos. Si éstos son diferentes, entonces cuando uno aprende ciencias, en realidad lo que hace es distanciarse de	Para resolver problemas de interés científico, no hay teorías únicas. En otras palabras, considero que un mismo problema se puede tratar desde perspectivas diferentes, desde cuerpos de conocimientos diferentes... por tanto es posible pensar que en muchos momentos de la ciencia la solución de situaciones problémicas ha implicado la competencia entre teorías... dependiendo del poder explicativo y predictivo de una teoría, algunas van quedando rezagadas mientras que otras se van consolidando, ello implica rupturas, desarrollos muchas veces discontinuos.	Casi se puede decir que la ciencia no progresa linealmente, las teorías actuales no son el desarrollo evolutivo de muchas teorías anteriores sino producto de rupturas respecto a las teorías anteriores. Claro que no puede afirmarse que siempre sea así, hay casos en que una teoría se completa con nuevos conocimientos siempre y cuando esa teoría siga siendo útil para resolver eficazmente los problemas de su interés... pero también encontramos muchos casos donde justamente por las dificultades de una teoría para resolver problemas de su interés, se hace necesaria la elaboración de una nueva teoría.	Lo que me preguntas creo que resume mucho de lo que hasta aquí he dicho... la ciencia es una competencia permanente entre modelos teóricos que procuran explicar problemas de la mejor manera posible. Cuando un modelo teórico se nos queda corto en esta intención, procuramos ajustarlo y si es el caso, modificarlo. Lo importante es comprender que nuestros modelos teóricos actuales no son la acumulación de los resultados positivos de todos los modelos teóricos predecesores. Probablemente podemos afirmar que la ciencia no progresa linealmente sino más bien discontinuamente...

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	nuestros conocimientos de sentido común, lo que significa como hemos visto, quizás romper o quizás recontextualizar lo cotidiano para alcanzar lo científico.			
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La ciencia busca aportar al desarrollo de la sociedad y a la preservación de un equilibrio dinámico entre lo natural, lo físico y lo social, abordando problemas de interés que ayudan a solucionar diversos aspectos. Sin embargo, muchas veces sus resultados son utilizados con otros fines (destrucción, hegemonía, etc.)	Creo que la ciencia es una herramienta que ha ayudado muchísimo al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, además creo que es muy importante porque yo por ejemplo, todavía quedo maravillado al comprender teorías que son el resultado de un esfuerzo impresionante de nuestras mentes. También creo que los seres humanos, por nuestras condiciones genéticas, hemos aprendido no solo a describir y a usar todo lo que tenemos a nuestro alrededor, sino que hemos logrado explicar, predecir, crear y transformar todo lo que hay en la naturaleza. Yo creo entonces que una actitud positiva hacia lo ambiental por ejemplo no es dejar las cosas intactas, como están, sino saber aprovecharlas y reconstituirlas para que haya una auténtica conservación lo que es para mí un equilibrio dinámico.	La mayoría de los resultados de la ciencia son impresionantes porque definitivamente han contribuido a mejorar la calidad de vida de las personas. Lo más interesante es comprender que la ciencia es hecha por personas comunes y corrientes con la diferencia que les gusta la indagación científica y que los mueve el interés por preguntarse, por asombrarse ante muchos eventos del mundo cotidiano, y por intentar resolverlos. Posiblemente podría pensar que cuando un grupo de científicos y de científicas aborda un problema o busca una solución alternativa a las existentes, lo hace pensando en que podría servir, como ya lo dije, para mejorar las condiciones de vida de las personas. Lamentablemente, como resultado de estas investigaciones, a veces su aplicación indiscriminada puede dar al traste con las ideas	Los problemas de interés para la ciencia surgen como hemos pensado aquí, tanto de iniciativas de los propios científicos como de necesidades sentidas de la sociedad. El ánimo de la ciencia es procurar resolver esos problemas y creo yo, que casi siempre con fines altruistas, siempre pensando en el beneficio de todos. Sin embargo, al fin de cuentas entre humanos estamos, y no se sabe con certeza qué aplicaciones se le podrían dar en el futuro a los avances de la ciencia. En ocasiones estos utilizan con propósitos de dominación o de daño, pero insisto, creo que ese no es el ideal de la ciencia.	Yo creo que en la mayoría de las veces, a lo largo de la historia, los científicos hemos querido resolver problemas de interés para todos con una perspectiva de aporte a la humanidad. Yo creo que Alfred Nobel no quiso concebir y trabajar con la dinamita pensando en la destrucción de otros sino más bien pensando como facilitar el trabajo a otros... otra cosa es que luego, los propios resultados de la ciencia se usen con otras finalidades. Si no primaran tanto los intereses individuales sino los colectivos, a lo mejor muchos de los resultados de la investigación científica se usarían de mejor modo, más conveniente para todos y no solo para unos pocos...

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	Lamentablemente, en ocasiones debido a prácticas no apropiadas de nosotros mismos los científicos, o a los usos que les dan las personas a los avances de la ciencia, no procura una actitud y una práctica conservacionista.	altruistas iniciales, causando más perjuicios que beneficios. Sin embargo, creo que la comunidad de científicos en su mayoría, siempre alerta a la sociedad de los peligros que puede ocasionar para la vida de las personas y demás seres vivos, así como el equilibrio del planeta, el uso desconsiderado de algunos productos o de algunas técnicas desarrolladas por la ciencia.		
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La ciencia es el resultado del esfuerzo de muchos hombres y mujeres interesados por la investigación científica que a lo largo de la historia han hecho aportes desarrollando conocimientos y aplicaciones prácticas, procurando en la medida de lo posible la solución a problemas de interés general.	Por supuesto, ahora considero que la ciencia es el producto de un esfuerzo de muchos hombres y mujeres por tratar de inventar ideas que puedan ser de utilidad para la ciencia misma y para todas las personas en general. Además siempre buscamos, al menos en las ciencias naturales, que todas esas ideas se concreten en la práctica, diseñando instrumentos o aplicaciones que en últimas buscan efectivamente resolver los problemas que nos planteamos. Hemos logrado hasta ahora resolver y avanzar en mejores soluciones de muchos problemas, pero todavía tenemos muchos más por resolver,	Efectivamente es importante hacer ver el carácter humano de las personas que trabajan desarrollando conocimientos científicos de cara a solucionar problemas de interés científico. Al contrario de lo que comúnmente se cree, los científicos en general somos personas comunes y corrientes, que hacemos habitualmente todo lo que las demás personas hacen: divertirnos, visitar lugares especiales en periodos de vacaciones, conformar una familia, cumplir los deberes ciudadanos, etc. La diferencia estriba en nuestra intencionalidad y predisposición por estudiar problemas que para muchos no son	Completamente de acuerdo, la ciencia se construye a partir del interés por la investigación científica que manifiestan hombres y mujeres. Muchas veces son los prejuicios sociales los que no nos han hecho creer que la ciencia es solo cosa de hombres, de hecho está demostrado que las complejidades de la ciencia han podido ser resueltas tanto por hombres como por mujeres, que las capacidades de nuestros cerebros son más o menos equivalentes.	Es claro que a lo largo de la historia, nuestro interés por resolver problemas, lo que nos ha alejado de querer hacerlo basándonos únicamente en el sentido común, es un hecho manifiesto donde han participado hombres y mujeres por igual. Y como lo dije antes, la intención es hacerlo para atender el interés público, el de todos... aunque a veces, o muchas veces, esto lamentablemente no sea posible. De ello debemos ser conscientes quienes trabajamos y vivimos en y de la ciencia, entre otras cosas, para ser precavidos con los alcances de nuestras investigaciones y para establecer

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	eso son contra que cuando resolvemos un problema nos aparecen derivados muchos más. Creo que la gente no ha entendido que hacer ciencia es un buen trabajo porque siempre hay problemas por resolver, o sea es una fuente inagotable de empleo (risas).	de interés o simplemente que no se tratan como problemas. Ahora bien, procuramos que los problemas que desarrollamos sirvan en su solución para todas las personas... quizás son pocos problemas los que estudiamos y que en un principio pareciera solo le interesan a los científicos... pero después de todo luego podría encontrárseles una aplicación derivando con mucha seguridad en nuevas tecnologías que de alguna forma u otra habrán de impactar en la vida de las personas... ojala siempre positivamente.		los códigos éticos mínimos que garanticen el mejor de los usos de los resultados de nuestras investigaciones.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Los resultados obtenidos por la investigación científica tienen el carácter de provisionales hasta tanto no se logren desarrollos teóricos y experimentales que confirmen o rebatan ideas científicas anteriores.	Creo que comprender el avance de la ciencia es apasionante. Te doy gracias por habernos metido en el cuento de la historia de la química, porque además de haber aprendido mucha información que desconocía, he visto que incluso el desarrollo de nuevas teorías tiene que ver con asuntos de interés político. Yo creo que es muy difícil solo pensar en un criterio racional para entender el progreso de la ciencia, porque muchas veces juegan otras	Yo preferiría hablar que mientras una teoría es vigente, pues es vigente. Si luego se encuentra que nos deja de ser útil para resolver problemas, pues intentamos ajustarla y en últimas, creamos una nueva. Me crea mucha inestabilidad pensar a toda hora que una teoría es provisional, mejor prefiero como lo dije, pensar que empieza a ser provisional en el momento en que empieza a tener dificultades para explicar y para predecir eventos o	La provisionalidad de las teorías depende del tiempo durante el cual éstas puedan explicar satisfactoriamente ciertos problemas, es más... como vimos en algunos argumentos de pensadores en filosofía de las ciencias, los científicos no tenemos la tendencia a buscar derrumbar teorías, y sí más bien a procurar defenderlas hasta donde sea posible... cuando las circunstancias son insostenibles, es decir, cuando	Las teorías científicas como he dicho, tienen el estatus de provisionales en tanto nos funcionen para resolver lo que queremos resolver. Cuando esto ya no es así, procuramos ajustar o modificar esas teorías para lograr mayores poderes explicativos, en todo caso al abandonar una teoría no lo hacemos pensando que resultó ser falsa, sino pensando e que ya no tiene tanto poder explicativo para resolver ciertos problemas...

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	prácticas humanas como la resistencia al cambio, el capricho o la iniciativa. Me ha gustado comprender el caso de Priestley, quien le comparte una idea genial a Lavoisier pero ambos pensando en puntos de vista diferentes, lo que significó para Lavoisier ganarse una buena fama en la ciencia y a Priestley quedarse instalado en una teoría que él siempre defendió a ultranza hasta su muerte. Así creo que las ideas se aplican teniendo en cuenta marcos teóricos y por ello con la misma idea o con un mismo problema, podemos llegar a resultado diferentes. Hasta cuando tenemos resultados sean teóricos o sean experimentales para dar respuesta al problema, es cuando podemos decir que una teoría podría ser más completa que otra, así efectivamente ahora considero que toda teoría siempre será provisional, porque hay que esperar los resultados que se logren en otras teorías o en la misma teoría para evidenciarse se modifica o no la original.	situaciones particulares.	ya los problemas a solucionar y no poder hacerlo desde una teoría son abrumadores, es cuando pasamos a creer que es necesario proceder a inventar nuevas teorías que puedan solucionar esos problemas no resueltos por las predecesoras.	
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

<p>Una nueva teoría científica ha de ser más coherente, predictiva y explicativa, caracterizándose entonces por solucionar un tanto mejor aquellos problemas de su interés. Ello implica que la nueva teoría casi siempre implica rupturas y avances respecto a teorías anteriores.</p>	<p>Es lo que decía anteriormente, lo que buscamos en la ciencia para que ella avance es que desarrollemos nuevas teorías y nuevas prácticas que sean más explicativas y más predictivas creo yo que las anteriores. Nos la pasamos en una lucha permanente entre teorías y eso está bien, porque eso es lo que permite que la ciencia progrese y por tanto progrese la calidad de vida de la gente aunque nunca se sabe... a veces no le damos el mejor uso a los resultados de la ciencia.</p>	<p>Basándonos en lo anterior, creo que la historia de la ciencia nos da importantes evidencias para considerar que el avance de la ciencia no es acumulativo y lineal, sino más bien se da por rupturas y entonces es discontinuo. En tal sentido, es posible evidenciar cómo la pretensión de nuevas teorías respecto a teorías predecesoras es la procura de mejores explicaciones. Ello puede servir para cuando los estudiantes de ciencias resuelven problemas... probablemente tendrán que dejar atrás teorías previas y crear nuevas teorías más explicativas y más predictivas...</p>	<p>Esto es plausible siempre y cuando sea necesario elaborar y poner a prueba una nueva teoría científica. En este caso, se necesita que la nueva teoría demuestre que puede explicar mejor los problemas pendientes por resolver, pero imaginémosnos que no lo puede hacer, entonces esa nueva teoría ni siquiera va a ser considerada como científica y se seguiría insistiendo en teorías anteriores que si bien tienen problemas pendientes por resolver, seguramente otros ya los ha logrado solucionar y por ello se les ha aceptado temporalmente. Yo diría esto así, en la ciencia se prefiere no cambiar de teoría si la nueva no soluciona lo que las anteriores no han logrado resolver; solo nos decidimos cambiar de teoría cuando efectivamente ésta prueba ser más explicativa y más predictiva.</p>	<p>Claro, no creo que decidamos cambiar de teorías así porque así, mientras nos ayuden a explicar satisfactoriamente los fenómenos o los hechos que tomamos como objeto de estudio, las usamos sin novedad. Las nuevas teorías surgen cuando encontramos que son más explicativas, más predictivas... creo que esta es la razón que nos explica cómo avanza la ciencia.</p>
<p align="center">Pregunta</p>	<p align="center">José</p>	<p align="center">Adolfo</p>	<p align="center">Inés</p>	<p align="center">Pedro</p>
<p>La verdad absoluta no existe. Mediante el desarrollo progresivo de la investigación científica encontramos resultados parcialmente más plausibles y que siempre son objeto de discusión y</p>	<p>Bien. Con la lógica de mis razonamientos que te he dicho atrás, es claro que ya no puede uno hablar de si una teoría es verdadera o es falsa. Claro, cuando yo pensaba que la ciencia se hacía</p>	<p>Como lo hemos insistido a lo largo del curso, si la ciencia fuera la descripción del mundo tal y como es, una vez tengamos una descripción completa podríamos decir que estamos frente a una</p>	<p>Nunca una teoría científica tiene el estatus de definitiva, porque en la medida que se dan los avances de la ciencia, nuestras pretensiones sobre el mundo y los problemas que planteamos cambian. En todo ello</p>	<p>La verdad absoluta no existe, creo ahora que eso es cierto. Mejor es referirnos a grados de explicación, porque incluso desde el conocimiento de sentido común podemos explicar cosas</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

<p>debate para el desarrollo de nuevas investigaciones y por tanto, de nuevos desarrollos.</p>	<p>para describir el mundo pues es obvio decir que si la descripción es correcta, entonces la teoría es verdadera. Pero ahora que veo las cosas de otra manera, y que el conocimiento no está fuera de nosotros sino que lo inventamos y lo ponemos en práctica en relación a todo lo que nos rodea, tan solo podemos decir que una teoría explica más o menos mejor las cosas.</p>	<p>teoría verdadera. Pero como el conocimiento no se descubre sino se construye, la validez de una teoría depende de su poder explicativo y predictivo... Por tanto prefiero ahora referirme a eso, a teorías más explicativas y menos explicativas, en vez de decir teorías verdaderas o teorías falsas.</p>	<p>es posible que nuestras ideas y nuestras teorías temporalmente aceptadas más adelante ya no lo sean, por ello no podemos afirmar que los resultados de las teorías científicas son inmodificables y por eso mismo no podemos afirmar que sus resultados son completamente verdaderos. Tal y como lo abordamos en el Seminario, es preferible referirnos a teorías más explicativas que otras, pero no a teorías verdaderas o a teorías falsas. Los aspectos que hemos tenido oportunidad de estudiar acerca de la historia de la química, nos demuestran estas situaciones... la teoría del flogisto no pasó de ser verdadera a ser falsa, mejor podríamos decir que perdió poder explicativo cuando no pudo solucionar problemas asociados con el cambio en el peso de las sustancias antes y después de ser sometidas a calcinación o a reducción.</p>	<p>adecuadamente, otra cosa es que no podamos explicarlo todo, y por ello es que hemos creado nuevas formas de concebir el mundo distintas a las del sentido común.</p>
<p align="center">Pregunta</p>	<p align="center">José</p>	<p align="center">Adolfo</p>	<p align="center">Inés</p>	<p align="center">Pedro</p>
<p>En el difícil y espinoso camino de la investigación científica, son más los pasos hacia atrás que hacia delante,</p>	<p>Eso también pasa con mucha frecuencia en la ciencia. No toda estrategia que usamos para resolver</p>	<p>Esto se puede explicar recurriendo a nuestros conocimientos en historia de la química... el imaginario es que</p>	<p>Nuestras teorías científicas como hemos dicho, son provisionales en la medida que ello depende de su</p>	<p>No siempre porque tengamos dificultad para explicar problemas, significa que debemos cambiar de</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

<p>pues muchas veces los resultados logrados no son los esperados o no pueden ser explicados satisfactoriamente con los modelos teóricos con que disponemos en el momento.</p>	<p>un problema nos lleva a buenos resultados, o cuando menos no nos lleva a mejores resultados que los logrados con otras teorías que ya hemos desarrollado antes. Así, la ciencia no es como la creemos, infalible y siempre perfecta...</p>	<p>la ciencia y los científicos es algo perfecto, que todo lo que se propone lo logra sin mayores tropiezos... olvidamos que es una actividad humana y por tanto, impredecible, insegura, llena de dificultades... Por eso qué bueno conocer y mostrar a los estudiantes las dificultades de los científicos, pero al mismo tiempo el tesón con que han procurado superar las dificultades, qué bueno mostrar el valor que tiene solucionar un problema después de superar muchos obstáculos, el valor que tiene la persistencia por lograr la solución de un problema...</p>	<p>capacidad explicativa. En tanto nos ayuden satisfactoriamente a resolver los problemas planteados, nos serán de utilidad. Pero como reconocemos de la historia de la ciencia, en ocasiones los problemas desbordan las teorías y es allí cuando surgen nuevos movimientos que se consolidan en la construcción de nuevas teorías, las cuales se irán aceptando en las comunidades científicas en función de su poder explicativo y de su lógica y coherencia interna... pero también suele pasar que los problemas no se resuelven de manera automática, es decir, no basta con iniciar la solución de un problema fundamentándonos en una teoría plausible, a veces nos enfrentamos con problemas técnicos que retardan la solución del problema. Creo que la historia de la ciencia nos muestra diversidad de casos y de situaciones que muestra las razones de nuestras dificultades para solucionar problemas y para consolidar cuerpos teóricos de conocimientos. De todo esto lo importante es desmitificar esa idea</p>	<p>teorías. Una cosa es demostrar que se pierde su poder explicativo, y otra bien distinta es aceptar que muchas veces nuestras posibilidades técnicas, tecnológicas o las mismas hipótesis no son las más adecuadas para solucionar un problema. Esto explica que por mejor y más prometedora sea la investigación científica que abordamos, ya de entrada tenga el éxito asegurado. La investigación científica como dije se desarrolla cíclicamente, dinámicamente, con avances y con retrocesos... si por ejemplo los resultados no son los esperados, esto puede depender no solo de la consistencia de la teoría, sino de las variables y de su organización diseñada, o del trabajo experimental implementado, o de la manera como hemos analizado los resultados, etc. Lo que hacemos los científicos es justamente tratar de asegurar la mejor consistencia posible para que entre el problema y su resolución se logre la mayor coherencia y significatividad.</p>
--	---	---	---	--

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

			que los científicos no tienen problemas para resolver los problemas, que basta con pensar en su solución y con unas cuantas experiencias de trabajo de laboratorio y que el asunto está resuelto... no solo tenemos muchos problemas (de ello se vive en la ciencia), sino que la solución de los problemas requiere atravesar caminos difíciles, bien por las dificultades que tienen nuestras teorías, bien porque no hemos desarrollado más y mejores ideas, o bien por las limitaciones técnicas que nos impiden muchas veces alcanzar la solución rápida y exitosamente...	
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Los científicos y las científicas son personas que pertenecen a un contexto cultural y por tanto son parte de la sociedad. Buena parte de los problemas de investigación que aborda la investigación científica surgen de intereses sociales, políticos, económicos, etc.	Claro, los científicos no somos personas diferentes, somos comunes y corrientes solo que nos interesa meternos a pensar y a resolver problemas que a otros, muchos diría yo, no les interesa. Así que buena parte de los problemas que tratamos tienen como referente lo que pasa a nuestro alrededor en la vida cotidiana... O también puede ser que a veces inventamos	Ya he reiterado la importancia de recordar el carácter humano de los científicos y de las científicas, mejor dicho, la importancia que tiene la humanización de la ciencia... Como los científicos en general vivimos y hacemos parte del mundo, pues muchos de los problemas son de orden social, económico... en otras palabras, la mayoría de los problemas que resolvemos son de	Creo que algo al respecto mencionaba anteriormente... aunque suene obvio, es importante recordar que los científicos y las científicas son personas, por tanto hacen parte de determinados contextos sociales y siempre para que sus aportes sean considerados, se requiere que cuando menos, una parte de la sociedad como lo son las comunidades científicas	Eso es muy claro y por ello los problemas de interés científico no solo surgen internamente de los intereses de las comunidades científicas o de las previsiones de las teorías científicas. También surgen, como sucede en la mayoría de las ocasiones, desde otros intereses. También debemos tener en cuenta que dependiendo de dichos intereses, se apoyan o no

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	problemas algo extraños pero siempre intentamos que se apliquen en lo que hacemos cotidianamente o que sus resultados nos sirvan para mejorar lo que hacemos a diario...	interés público.	especializadas, avale sus ideas o los resultados de sus trabajos. En otras palabras, la ciencia no es hecha por personas que de vez en cuando produce excepcionalmente la naturaleza, que vienen, dejan sus aportes y esperar hasta que más adelante vuelva y suceda lo mismo...	programas de investigación, de manera que no siempre se investiga o no siempre se apoya la investigación en lo que para la ciencia o para la sociedad en general es relevante, en muchas ocasiones se apoya y financia la investigación para intereses políticos, militares, etc.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Gracias a la historia de la ciencia es posible reconocer el papel protagónico que las mujeres han desempeñado en el desarrollo de la ciencia.	Claro, la ciencia es hecha por hombres y mujeres. Especialmente luego que se ha ampliado la participación de la mujer en la sociedad, su aporte a la ciencia ha sido cada vez más protagónico. Sin embargo, hemos visto cómo ya encontramos referencia desde la alquimia cristiana al aporte de las mujeres e la construcción de la ciencia.	La ciencia la hacen y la han hecho hombres y mujeres. Debemos desmitificar esta idea, de hecho contamos con muchas colegas científicas y en nuestro propio programa, una buena parte son alumnas...	Una cosa es que la exclusión social de nuestras culturas haya minimizado el papel y el trabajo de las mujeres en el contexto científico y otra cosa que se considere que no tenemos la suficiente capacidad para emprender una empresa racional como la científica. Afortunadamente en la actualidad es posible identificar innumerables ejemplos de mujeres que hacen parte de las comunidades científicas especializadas y que hacen aportes muy importantes para el avance de la ciencia y para la solución de problemas de interés general. Pero mirando en retrospectiva, la historia de la ciencia efectivamente nos da ejemplos del tesón de muchas mujeres que incluso en contra de los	Completamente de acuerdo, es claro el papel protagónico que han desempeñado las mujeres en el desarrollo de la ciencia, incluso desde sus orígenes. Otra cosa son las lógicas sociales de ciertas épocas que minizaban el papel de la mujer en cuanto a actividades intelectuales... hoy por fortuna, hemos avanzado en esa dirección.

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

			principios culturales de la época, se abrieron paso para ser reconocidas por su talento y liderazgo para hacerse reconocer en las comunidades científicas... todo ello a pesar de la restricción que había para que las mujeres pudiésemos incluso acceder a estudios superiores en campos de la ciencia.	
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Incluso antes de una nueva actividad de aprendizaje, los estudiantes poseen ideas, conocimientos y destrezas.	Pues bien. Debo aceptar que esta idea me costó trabajo aceptarla. Claro, no consideraba el papel de los conocimientos previos o de sentido común que trabajamos en el curso. Encuentro que tenemos conocimientos, prácticas y hasta actitudes anteriores al aprendizaje que influyen muchísimo cuando se aprenden las ciencias.	Debo admitir que se trata de una idea novedosa para mí, luego de este curso. En realidad, así como no había tenido idea de reflexionar alrededor de las características de las ideas espontáneas docentes, tampoco lo había hecho en relación con las ideas previas y las concepciones alternativas de los estudiantes. De hecho, consideraba que antes de la instrucción, los estudiantes no sabían nada de un tema especialmente si éste es completamente nuevo para ellos... pero ahora debo admitir sobre la importancia de estas ideas y particularmente, sobre el papel que juegan para ser dinamizadoras u obstaculizadoras del aprendizaje.	Considero que cuando nos enfrentamos a la solución de un problema desde el contexto de un programa de investigación científico, debemos tener en cuenta dos aspectos muy importantes como punto de partida, el primero, los conocimientos previos, o sea todos aquellos conocimientos que se han ido consolidando a lo largo de la historia de la ciencia y que creemos nos resultan ser útiles para la solución del problema que tenemos entre manos... y el segundo nuestras ideas, creencias y esquemas de acción de partida, las cuales son muy importantes porque podrían ayudar a dinamizar o a obstaculizar una u otra estrategia concebida para la solución del	Hemos destacado el papel de las ideas previas y de los conocimientos previos como referentes en relación a cómo observamos hechos y eventos y para comprender cómo aprendemos las personas cuando conectamos conocimientos previos con nuevos conocimientos. Como se ve, constituyen aspectos muy importantes tanto en la epistemología de la ciencia como en la psicología del aprendizaje. De otra parte es claro que las personas siempre elaboramos ideas y por tanto, antes de aprender sobre una temática en particular, ya tenemos ideas aunque generales e implícitas que pueden influir en lo que vamos a aprender...

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

			<p>problema. En lo educativo, esto tiene a mi modo de ver mucha importancia, porque de ello depende el éxito o no de los aprendizajes de los alumnos... la ciencia se fundamenta muchas veces en ideas diferentes a las del sentido común lo que equivale a decir que para resolver un problema coherentemente con la ciencia, debemos superar nuestras ideas cotidianas... si las identificamos las hacemos explícitas, no solo comprendemos cuándo las cambiamos por otras ideas sino que aprendemos a saber cómo cambiarlas... y ello ayuda mucho como ahora lo percibo, a mejorar los aprendizajes de la ciencia.</p>	
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
<p>Entre el aprendizaje y la enseñanza (entendida ésta última como ayuda para el aprendizaje) hay corresponsabilidad, es decir, no hay unidireccionalidad ni correspondencia biunívoca entre la enseñanza y el aprendizaje.</p>	<p>Considero que ese guión con que a veces separamos los conceptos de enseñanza y de aprendizaje nos ha hecho mucho daño a los profesores, porque nos hacía ver que se trataba de dos eventos completamente diferentes. Creo que el curso me ha aportado para lograr una nueva comprensión que tiene que ver con la idea de considerar la enseñanza</p>	<p>Esta es otra idea nueva que he logrado elaborar y comprender a lo largo del curso y en esta nueva experiencia práctica. En realidad, creo que es lo habitual, se piensa que el papel del profesor es enseñar y el de los estudiantes es aprender, es como si fueran dos cosas separadas. Cuando programaba los cursos, yo pensaba en los</p>	<p>Esto es indudable aunque reconozco que esto constituyó un choque entre mis ideas previas sobre la enseñanza y las nuevas ideas que tuve que elaborar al respecto, ahora fundamentadas en los desarrollos de la investigación en educación científica... pienso que son dos aspectos de la educación que se entrelazan</p>	<p>El acto educativo, desde mi punto de vista, comprende la enseñanza y el aprendizaje, que son dos procesos fundamentales para favorecer la construcción de conocimientos por parte de las personas. Como dicha construcción implica un acto de acompañamiento mutuo entre quienes enseñamos y quienes aprenden, hay</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	como ayuda para el aprendizaje, por tanto se trata de dos eventos de un mismo acto... el educativo. De hecho, se aprende a partir de lo que enseñamos pero al mismo tiempo los resultados en el aprendizaje nos ayudan a considerar las estrategias que implementamos en la enseñanza.	contenidos que iba a enseñar, no en qué formas de aprendizaje procurar favorecer en los estudiantes... ahora pienso que el asunto es un poco diferente, pues creo que se trata de dos venos relacionados entre sí, entre otras cosas porque buena parte de los aprendizajes de los estudiantes pueden deberse a la estrategias de enseñanza que diseñamos y aplicamos para trabajar con ellos.	permanentemente, la enseñanza no es ahora la única causa del aprendizaje... y el aprendizaje no solo se produce por un acto de enseñanza. Son dos aspectos donde hay corresponsabilidad porque la enseñanza propicia el aprendizaje y evaluar la calidad de los aprendizajes implica considerar las características de la enseñanza... ahora que he empezado a revisar mis planteamientos como profesora de bioquímica pienso no solo en los contenidos teóricos y prácticos que voy a enseñar sino en los tipos de aprendizaje que quiero que alcances mis estudiantes.	corresponsabilidad en las tareas pues se trata del logro de una meta común. Así las cosas, ahora pienso que enseñar no es un asunto solo de los profesores porque también nos compete lo que aprenden los estudiantes, y desde el punto de vista de los alumnos, su rol no es el de solo aprender, pues ello depende del tipo de actividades de enseñanza que se aborden...
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Para favorecer el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes, se requiere por parte del profesor conocer, además de conocimientos teóricos, prácticos, históricos y filosóficos de la materia que enseña, conocimientos teóricos, prácticos, históricos, filosóficos y psicológicos sobre cómo aprenden los estudiantes y sobre cómo hay que enseñar.	De acuerdo, ahora comprendo que para enseñar no basta con saber la disciplina que se utiliza como objeto de aprendizaje. He visto que es muy importante saber además los conocimientos que hemos denominado metadisciplinarios porque nos ayudan a entender cómo han surgido los conocimientos, qué problemas han dado lugar a su origen, cómo se han	El acto de enseñanza y de aprendizaje, conectando con lo que decía anteriormente, se desarrolla en un sistema abierto y complejo como lo es el aula de clase, sea de teoría, de laboratorio, de práctica de campo, etc. De hecho, el lenguaje que se intercambia entre profesores y estudiantes no solo trata sobre el conocimiento de la disciplina que enseñamos, pues deben	Creo que se necesita del dominio de una variedad de conocimientos, es decir, no solo de los conocimientos de las teorías científicas vigentes que enseñamos, sino de la no vigentes, de todas aquellas teorías que en un momento dado fueron usadas para resolver problemas... es muy importante que los estudiantes también las dominen para que comprendan los diferentes	Claro que el conocimiento científico es un conocimiento de referencia obligado en la educación en ciencias, pero hemos visto que su sola explicación, por mejor que sea, no es suficiente para que los estudiantes aprendan significativamente las ciencias. Es muy importante que los profesores aprendamos y desarrollemos conocimientos epistemológicos de la

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	<p>aceptado, cómo se elaboran, cómo se validan, cómo van perdiendo su poder explicativo, etc. Allí es muy importante la historia y la epistemología de la disciplina que enseñamos. Y por otra parte, hay otros conocimientos muy importantes que son los conocimientos didácticos, o sea todos los conocimientos que debemos saber y poner en práctica para enseñar ciencias. Así, para lograr una docencia de calidad, deben activarse coordinadamente saberes disciplinares, metadisciplinares y didácticos, además que deben ponerse en práctica para que no queden solo como elucubraciones.</p>	<p>considerarse otros conocimientos como el didáctico y como el metadisciplinar... con el didáctico fundamentamos todo lo que hacemos para enseñar y para orientar las actividades de los alumnos, con el metadisciplinar hacemos referencia a la epistemología y a la historia, en nuestro caso, de la química, porque nos ayuda a favorecer en los estudiantes imágenes dinámicas del conocimiento, porque se tratan aspectos relacionados con el origen de los conocimientos, con la validación o rechazo de dichos conocimientos y con la metodología de investigación científica, que nos hizo alejar fuertemente del método científico que había siempre enseñado... bueno, así también me lo habían enseñado a mí cuando yo era profesor (risas)</p>	<p>marcos conceptuales que hemos desarrollado para resolver problemas de interés científico y para que aprecien la rigurosidad del trabajo de los científicos y que muchas veces ha conducido al replanteamiento parcial o total de modelos teóricos... pero también se requiere que los estudiantes comprendan cómo se ha elaborado el conocimiento científico y cómo se elabora en la actualidad, y por eso es muy importante que el profesor conozca acerca de las reflexiones epistemológicas sobre el conocimiento científico. Los estudiantes no solo deben aprender una buena ciencia sino también deben ser concientes de sus propósitos, de cómo se elabora y de qué significa el conocimiento científico. Pero por su fuera poco (risas)... debemos también conocer significativamente acerca de la didáctica de las ciencias, es decir de todos los conocimientos relacionados con la enseñanza, ya que esto no es solo la aplicación mecánica de un conjunto de reglas acerca de cómo presentar los</p>	<p>ciencia y los usemos al momento de orientar lo que enseñamos, porque ello ayuda a que los estudiantes consideren otras visiones de la ciencia y se predispongan hacia la actividad científica como proceso de investigación... por otra parte es importante considerar nuestros conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias, o sea los conocimientos en didáctica de las ciencias, que son fundamentales y que localizan el saber distintivo de nosotros los profesores... creo que es en los conocimientos didácticos donde radica la base profesional de los profesores, pues es en ellos donde fundamentamos nuestra práctica profesional.</p>
--	---	---	---	---

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
<p>Aprender ciencias implica tener cambios concientes en el dominio de contenidos conceptuales (conceptos, teorías y principios), de contenidos metodológicos (modos de producción, estrategias y técnicas propios de la ciencia), y de contenidos actitudinales (predisposiciones de la persona hacia la ciencia, el aprendizaje de la ciencia y la implicaciones sociales de la ciencia).</p>	<p>Estoy de acuerdo con esta afirmación y sobre ello me gustaría agregar algo. Aprender significativamente podría lograrse mediante la explicación de conocimientos organizados jerárquicamente. Pero lo más importante, sería cómo favorecer aprendizajes significativos producto de una enseñanza por investigación orientada y por resolución de problemas, que podrían conseguir que esos aprendizajes se manifiesten en forma de cambios en concepciones, en actitudes y en prácticas. Se pueden entonces esperar aprendizajes significativos por la transformación de teorías y conceptos científicos, en actitudes como la de la capacidad de asombro y el aprecio por el logro en la resolución de un problema, y por prácticas alternativas como tomar datos y analizarlos a la luz de teorías y conceptos que fundamentan la experiencia.</p>	<p>Reconozco el papel tan importante que tiene en la didáctica de las ciencias la idea que los conocimientos no solo son conceptuales... solo conceptos teorías, también hay una parte actitudinal y por supuesto una procedimental que deben hacerse explícitas cuando se enseña. La idea fuerza es que se aprende cuando los estudiantes son concientes de lo que aprenden, cuando comprenden, esto es cuando transforman significativamente sus formas de pensar, de sentir y de actuar. Claro que este implica un mayor gasto de energía, porque no es lo mismo asimilar, que requiere habilidades de pensamiento más sencillas que cuando uno tiene que elaborar sus propias ideas.</p>	<p>Creo que aprender ciencias implica lograr dos propósitos fundamentales, uno, que sea significativamente, es decir, que nos diga algo, que nos signifique algo, que lo pueda aplicar efectivamente en diversas circunstancias escolares y extra-escolares; dos, que sea el producto no solo de la asimilación de buenas explicaciones sino de actos concientes de elaboración por parte de los estudiantes, donde ellos y ellas efectivamente sienten que viven cambios en lo conceptual, en lo actitudinal y en lo práctico... Esto lo digo porque como bien lo pudimos extraer de autores que hacen magníficos aportes sobre el problema del aprendizaje significativo, éste se puede lograr por la vía de las buenas explicaciones... pero ello no necesariamente conduce a que se cambien nuestros puntos de vista sobre el mundo, nuestras predisposiciones sobre cómo resolver problemas o nuestros esquema de acción para proceder</p>	<p>Una de las cosas que mejor y más me ha impactado en este programa es haber pasado de una imagen implícita de aprendizaje como asimilación de contenidos teóricos a otra de aprendizaje como cambios concientes debidos al desarrollo conciente de conocimientos teóricos, actitudinales y procedimentales... esto significa que aprender es sinónimo de cambiar punto de vista, cambiar formas de pensar, de sentir y de actuar...</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Un adecuado aprendizaje de las ciencias requiere el tratamiento de unos cuantos contenidos fundamentales de la ciencia abordados en profundidad y al nivel del desarrollo cognitivo de los estudiantes.	Estoy de acuerdo, prefiero el tratamiento en profundidad de unos pocos conocimientos con los que resolver ciertos problemas de interés científico, que abordar mares de conocimientos con centímetros de profundidad. A la hora de la verdad, los científicos no somos personas que dominamos todos los conocimientos de la ciencia sino que nos especializamos en unos cuantos desde los cuales orientamos nuestras investigaciones. Pienso entonces que más que priorizar en tratar muchos contenidos, debemos tratar diversidad de problemas de interés científico... así los contenidos son un pretexto para resolver problemas... creo que ello ayuda a concentrar los estudiantes en problemas más que en contenidos.	Tradicionalmente se ha pensado que en cuanto más conocimientos reciban los alumnos... casi siempre escuchando, más sabrán de ciencias. El problema con esto es que no se puede garantizar que la totalidad de conocimientos se aprendan correctamente, significativamente... eso sería lo ideal creo yo... Pero también debemos pensar que los científicos no son personas que dominan en profundidad todos los temas de la ciencia, de hecho nos especializamos para profundizar en ciertos campos. En el caso de los estudiantes que inician su formación en ciencia, deberíamos proceder con la misma lógica, pienso que si los estudiantes se concentran a lo largo de toda su formación en el tratamiento de problemas, en todo caso tendrán oportunidad de aprender significativamente una apreciable diversidad de contenidos conceptuales, y de los que no, seguramente a lo largo de su experiencia profesional, si en verdad	para la solución de problemas... A la pregunta sobre si muchos conocimientos aprendidos débilmente o pocos conocimientos aprendidos claramente, prefiero lo segundo. Es más... creo que si un estudiante aprende a aprender, solucionando problemas y siendo conciente que ello implica cambios permanentes en sus formas de pensar, de sentir y/o de actuar, puede por sí mismo, ya en su vida profesional, aprender sobre aspectos que no necesariamente fueron tratados durante su experiencia como estudiantes.	Yo soy conciente que el conocimiento científico es muy extenso y que cada día crece de manera mucho más vertiginosa, debido con seguridad a los propios desarrollos tecnológicos derivados del avance de la ciencia. Por esa razón debemos preguntarnos si tienen sentido que los estudiantes al aprender ciencias, deban abordar tantos temas y tantas teorías. Ahora pienso que lo mejor es identificar aspectos cruciales de la ciencia, abordarlos con una buena profundidad, y ante todo, familiarizando a los estudiantes con la metodología de investigación científica contemporánea, para que una vez adquieran predisposiciones positivas hacia la investigación científica, entren en una cultura que les ayude a considerarla como el diseño y ejecución de estrategias para abordar problemas interesantes para ellos y para las ciencias, y no simplemente para que la vean como grandes catálogos de contenidos y de definiciones que se

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

		han apropiado una forma alternativa de aprender, podrían sin mucha dificultad, aproximarse a nuevos conocimientos conceptuales. En realidad ahora pienso que es más prudente favorecer en los estudiantes gusto y estrategias para aprender significativamente, lo que después podrán aplicar autónomamente sin necesidad de estar siempre en el aula de clase, que atiborrarlos de una serie de conocimientos que hace que muchos de ellos los olviden rápidamente.		deben aprender memorísticamente.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La formación inicial y continuada de un profesor de química es una investigación didáctica ya que para enseñar, deben aprenderse cuerpos de conocimientos, actitudes y procedimientos acerca de cómo enseñar.	Como lo dije anteriormente, hoy ya comprendo que ser profesor corresponde a una actividad profesional porque todas las actividades que diseñamos y que ponemos en práctica al momento de enseñar, deben estar fundamentadas en conocimientos didácticos. Entonces, si aprender es sinónimo de elaborar conocimientos a partir del desarrollo de investigaciones para resolver problemas, entonces la formación inicial y continuada del profesorado	Podemos decir que aprender ciencias es sinónimo de investigar, es resolviendo problemas de interés científico como elaboramos conocimientos científicos. El caso de la formación de profesores, en este contexto es similar, pues la investigación didáctica es la que orienta cómo habría de ser la formación de los profesores. Es como lo que tu ha hecho, has puesto en práctica los fundamentos de la investigación didáctica y desde ellos has generado un proceso de	Ahora lo veo de este modo: aprender es sinónimo de resolver efectivamente problemas, y al menos en el caso de las ciencias, la solución de problemas implica el desarrollo de estrategias de investigación. Eso significa que investigamos en el aula... para que se logren aprendizajes significativos en los estudiantes y que investiguemos para que se logren nuevos desarrollos teóricos o experimentales que satisfacen la solución de problemas de interés	El aprendizaje entendido como cambios en nuestras formas de pensar, de sentir y de actuar, lo hemos venido asociando con la idea de elaboraciones y construcciones concientes por parte de quienes aprenden. En otras palabras, para aprender por la vía de la construcción de conocimientos, que es un requisito para solucionar problemas, se requiere asociar las actividades de enseñanza y de aprendizaje con actividades de investigación. Si todo esto es así, es

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	<p>es una investigación que podría ser la puesta en marcha de investigaciones didácticas que promuevan la transformación de las concepciones, creencias y prácticas de los profesores.</p>	<p>formación de profesores, o sea de aprendizaje de la enseñanza de la química, procurando en suma que cambiemos nuestras ideas y nuestras prácticas sobre la enseñanza de la química...</p>	<p>científico. Y como ha sucedido en nuestro caso, aprender acerca de la didáctica de las ciencias, implica habernos sometido a experimentar una investigación en educación científica e implica que de aquí en adelante nuestro papel no es tanto el de explicarle muy bien a los estudiantes, sino el de dirigirlos para que a través de la resolución de problemas de investigación interesantes, ellos aprendan ciencia elaborándola concientemente... claro, en ocasiones durante este proceso será preciso hacer explicaciones que muestren el camino por dónde ir... pero en realidad eso es lo que hacemos siempre en la ciencia, ante un problema que estamos resolviendo, buscamos ideas de otros para tomar decisiones por dónde continuar... entonces la explicación no es la única actividad que usamos para aprender, es apenas otra actividad dentro de un conjunto de acciones que seguimos para que en realidad elaboremos conocimientos en lo conceptual, en lo actitudinal o en lo práctico... o en los tres...</p>	<p>comprensible suponer que el aprendizaje de la didáctica de las ciencias se orienta por actividades de investigación didáctica... algo parecido veo yo ahora en m papel como profesor de ciencias, todo está rodeado por ambientes de investigación... desde el trabajo que debo realizar con mis estudiantes en sus actividades de formación, hasta las actividades que desarrollamos en nuestros grupos de investigación. En el primer caso, hacemos lo que ustedes los expertos llaman investigación formativa, en el segundo caso lo que llaman investigación en sentido estricto...</p>
--	--	--	--	--

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La comprensión de los conocimientos científicos exige tiempo y tratamientos en profundidad. Es necesario, pues, seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que es importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de las ciencias y no proporcionan conocimientos durables.	Efectivamente, para mejorar las actitudes de los alumnos hacia el aprendizaje de la ciencia, es mejor no presentársela como una gran diversidad de contenidos sino como problemas interesantes por resolver para lo cual se pueden usar los conocimientos disponibles de los estudiantes... si con esos conocimientos no es suficiente para resolver satisfactoriamente el problema, se tratan, elaboran e interiorizan unos nuevos. Yo creo que de esta forma los estudiantes se familiarizan más afectivamente con los conocimientos, pues los pueden considerar como necesarios para resolver problemas y no para almacenar muchas veces sin saber para qué. Pero se necesita que el sistema educativo cambie, porque las pruebas nacionales para los egresados de las universidades no se si todavía se enfocan a evaluar variedad de conocimientos en los estudiantes, lo que podría poner en desventaja a aquellos que se han formado usando modelos de enseñanza diferentes a los	Es claro que cada persona aprende a su propio ritmo, y de ello tenemos que ser concientes los profesores. Sumado a lo que decía anteriormente, más que dar énfasis en tratar una lista caso interminable de contenidos que a la hora de verdad se tratan superficialmente, considero que es mucho mejor abordar problemas científicos cruciales los cuales se aborden con una profundidad adecuada favoreciendo en todo caso aprendizajes significativos y más duraderos. El imaginario de las ciencias de los estudiantes, tal y como se enseña tradicionalmente, es que es un listado de contenidos y que el científico es como un diccionario ambulante, conoce la definición de muchos conceptos desestructurados entre sí.	Creo que es claro y de ello debemos ser concientes, que aprender y enseñar no es fácil. Bueno, si enseñar es solo contarle a otro lo que uno sabe y aprender es solo escuchar lo que otros me cuentan, a lo mejor entonces sí son procesos fáciles... pero enseñar mediante la orientación sobre problemas y basados en conocimientos con niveles crecientes de complejidad y aprender por la vía de resolver conciente y críticamente problemas, son procesos que exigen mayores niveles de exigencia en nuestras habilidades de pensamiento y de acción... por eso pienso ahora que el éxito del aprendizaje, significa entre otras cosas, no deformar la imagen de la ciencia y favorecer cambios durables en nuestras concepciones y en nuestras prácticas que nos ayudan a solucionar problemas de interés científico...	Aprender por la vía de la asimilación y de la repetición de información puede tardar menos tiempo pero se olvida con más facilidad, en cambio, aprender por la vía de la elaboración de conocimientos, de la consolidación de actitudes positivas hacia los conocimientos y de la puesta en práctica de los conocimientos para solucionar problemas reales e interesantes, puede tomar más tiempo pero se fija a más largo plazo en nuestra memoria. Por eso creo que más que aprender un gran catálogo de contenidos, hay que favorecer el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia y hacia las implicaciones sociales de la ciencia... y hacia la investigación científica. Creo que ello ayuda más a desarrollar el espíritu científico como lo define el Profesor Bachelard...

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	tradicional. José	Adolfo	Inés	Pedro
La enseñanza de las ciencias es una actividad práctica y teóricamente orientada por el dominio disciplinar de la Didáctica de las Ciencias. Dicha práctica puede ser innovadora a lo largo de todo el proceso.	Como lo dije anteriormente, hoy ya debe empezar a hacerse realidad que la enseñanza se fundamenta en conocimientos especializados para ello, que no solo es cuestión de saber lo que se enseña para luego contárselo a otros. Y como sucede con cualquier otra clase de conocimiento, éstos cambian y por tanto desde ellos se innovan nuevas alternativas, se ponen en práctica nuevas estrategias... Ahora programar y desarrollar un curso es como cuando vamos al laboratorio a realizar experiencias en nuestras investigaciones... usamos conocimientos que nos fundamentan lo que hacemos, que nos ayudan a interpretar la información que obtenemos. Así, si los conocimientos para enseñar los vamos cambiando, cambian nuestras prácticas docentes, o si simplemente modificamos las estrategias que diseñamos para enseñar aunque se deriven de un mismo conocimiento, en todo caso estamos innovando ya sea desde lo	La didáctica de las ciencias hemos pasado a considerarla como un cuerpo de conocimientos que se interesa por cualificar la enseñanza, pensada como ayuda para un aprendizaje comprensivo, significativo, relevante, mediando por cambios en los puntos de vista de quien aprende. Así, cuando desarrollamos nuestra práctica docente, subyacen los conocimientos que nos orientan sobre cómo programar, desarrollar y evaluar las diferentes actividades de enseñanza y de aprendizaje... es como el caso de los médicos, cuando tratan una enfermedad, se fundamentan en conocimientos, todo lo que hacemos los profesionales, es desarrollar acciones teóricamente fundamentadas. La docencia deja de ser entonces una práctica rutinaria y ateórica.	La enseñanza de las ciencias es una actividad profesional, es decir, se fundamenta en conocimientos... y como todo conocimiento científico surge de nuestros progresos para resolver problemas sobre cómo enseñar y cómo aprender ciencias. Los resultados de estos progresos se han acuñado en lo que se llama la Didáctica de las Ciencias, así que cuando ponemos a prueba nuestras ideas sobre la enseñanza de las ciencias, debemos acudir a nuestras ideas previas y a los conocimientos previos elaborados a lo largo de la historia en este campo del conocimiento. Es como cuando pienso yo en cómo resolver un problema de interés para la bioquímica, pienso en mis ideas previas sobre el problema y en los conocimientos previos de las teorías bioquímicas que pienso yo me serán de utilidad para enfrentar la solución del problema... ello hace que las actividades no sea rutinarias y sí por el contrario innovadoras, porque no me quedo simplemente en la idea	La enseñanza de las ciencias se fundamenta en los conocimientos que se elaboran en un campo particular de la educación como lo es la Didáctica de las Ciencias. De otra parte, la enseñanza de las ciencias es una actividad principalmente práctica, lo que no quiere decir que sea ateórica, por el contrario, como hemos visto, se fundamenta en conocimientos muy especializados y organizados en la didáctica del conocimiento científico.

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	conceptual o desde lo práctico, pero al fin y al cabo es innovar y eso hace que nuestra actividad como profesores deje de ser rutinaria y sencilla como muchos creo que todavía lo consideran.		de replicar una técnica sino de encontrar nuevos caminos... de esta forma la enseñanza deja de ser un oficio y pasa a ser una actividad innovadora.	
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Una secuencia de contenidos científicos debe seleccionarse y adaptarse según los niveles cognitivos y los intereses de los estudiantes.	Creo que sí, pero también creo que si por alguna razón un estudiante llega a un determinado curso sin haber desarrollado ciertas competencias previas, pues hay que ayudarlo a que rápidamente alcance el nivel de todo el grupo. O sea, yo creo que esto debe ser flexible, no es solo adaptar el curso a la circunstancias de los alumnos pero tampoco es planear un curso sin tener en cuenta las características de los alumnos.	Creo que es importante tener en cuenta los niveles de desarrollo cognitivo de los estudiantes y muy importante lograr consensos con los estudiantes para la identificación y tratamiento de problemas de interés a abordar en los cursos de ciencias. Estos aspectos son referentes importantes a la hora de programar un curso... pero creo que debemos tener planes de contingencia, porque si uno espera ciertos niveles de desarrollo previo en los estudiantes antes de encarar un curso y por alguna razón no los han logrado, es necesario proponer y orientar actividades adicionales para lograr unos mínimos cognitivos básicos y más o menos homogéneos para todos... la idea es llevar un curso más o menos nivelado en cuanto a la producción de todos los estudiantes	Creo que la clave es la pretensión del problema, de su alcance. Su profundización debe estar adaptada a las posibilidades cognitivas de los estudiantes, y ello depende de la decisión de hasta dónde queremos llegar... y algo que siempre debe ser una constante, es que el problema sea lo suficientemente interesante para los alumnos.	Yo creo que un aspecto determinado de la ciencia puede enseñarse a estudiantes de diferentes niveles educativos, la diferencia debe estribar en el grado de complejidad con que se aborde ese conocimiento y por ello es muy importante identificar los niveles de desarrollo cognitivo y los conocimientos previos de los estudiantes... por otra parte, creo que una constante a lo largo de toda la educación científica no debe ser, como hasta hace poco tiempo yo creía, las secuencias de temas a enseñar a los estudiantes sino series de problemas que resulten ser interesantes para ser abordados por los profesores. La combinación entre una adecuada selección de problemas y los aprendizajes previos de los estudiantes, son una buena manera de asegurar y

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Un buen método de enseñanza de las ciencias se logra cuando el profesor es capaz de desarrollar estrategias que favorecen el tratamiento científico de situaciones problemáticas por parte de los alumnos, apoyados por el profesor, en clases de teoría, de problemas o de prácticas de laboratorio.	Esto resume buena parte de lo que tratamos en el curso. La idea fuerza es partir de situaciones problemáticas y de tratarlas científicamente, esto es, siguiendo la metodología contemporánea de investigación científica. Esta metodología debe adelantarse en todos los momentos de la investigación, o sea en lo que hacemos en las clases para el tratamiento y comprensión de conceptos, lo que hacemos en las prácticas experimentales de laboratorio y extra muros, etc. Todo ello evaluando simultáneamente el desarrollo de concepciones, actitudes y culturas experimentales de los alumnos.	entendiendo eso sí u cada quien aprende a su propio ritmo y con su propio estilo. Creo que he podido vivenciar los efectos tan positivos cuando se aprende no asimilando información sino elaborando conocimientos con el ánimo de resolver pequeños o grandes problemas. Así que si somos capaces de volver cada uno de nuestros cursos auténticos espacios académicos donde trabajamos grupos de investigación conformados por profesores y estudiantes, creo que logramos no solo desarrollar una docencia innovadora, sino favorecer aprendizajes significativos de calidad.	optimizar aprendizajes significativos en los estudiantes. En el caso de las ciencias, la inconsistencia entre la producción de conocimiento científico y la educación en ciencias, es que habitualmente van por caminos diferentes. La producción científica se hace mediante la investigación científica, mientras que la enseñanza de las ciencias se hace mediante la explicación y la transmisión. Para resolver esta situación, creo que debe homologarse la producción científica y el aprendizaje de las ciencias, y ello es posible si en ambos casos se toma la vía de la investigación, una entre expertos y principiantes o novatos dirigida a elaborar nuevos conocimientos o nuevas prácticas para quienes aprenden aunque ya avaladas por las comunidades especializadas, y otra entre expertos y novatos, aunque menos novatos, dirigida a elaborar nuevos conocimientos o nuevas prácticas, novedosas para todos, incluso para	La constante de la enseñanza de las ciencias, estoy ahora convencido, debe ser el tratamiento de problemas. Los problemas se resuelven diseñando y poniendo en práctica estrategias de solución las cuales incorporan componentes teóricos, el desarrollo de nuevas y mejores predisposiciones hacia la investigación científica y la puesta en práctica de las ideas que se plantean para solucionar los problemas a los que nos enfrentamos... o sea que todo esto, en la enseñanza de las ciencias es una constante que se trata en clases teóricas, en la solución de ejercicios cuando usamos por ejemplo los datos que recogemos en nuestras actividades de laboratorio, en las sesiones de búsqueda de información, etc.

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Una buena estrategia de enseñanza de las ciencias debiera favorecer el aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales sobre problemas planteados mediante el debate y la discusión crítica y argumentada entre los alumnos.	En parte resolver problemas en el tratamiento de situaciones problémicas se hace mediante el debate fundamentado, mediante la contrastación de puntos de vista, mediante el alcance de consensos, etc. Creo que ello es parte de la cultura científica, porque las polémicas en la ciencia siempre han existido y su solución ha implicado a muchas más personas que a los iniciadores de las polémicas... y estas se han procurado resolver a partir de las argumentaciones y de las evidencias experimentales de las argumentaciones.	Hemos dicho que los conocimientos científicos son en suma, la resultante de una componente conceptual, lo que sabemos para resolver problemas, de una componente actitudinal, como nos predisponemos para resolver problemas, y de una componente procedimental, como actuamos al momento de resolver problemas. También hemos dicho que aprender estos conocimientos es una actividad cognitiva mediada por la elaboración conciente de saberes, actitudes y prácticas, y que un camino interesante para lograrlo es el mismo que se sigue en el conocimiento científico cuando se enfrenta a la solución de nuevos problemas: la investigación. Para que la enseñanza por investigación orientada sea posible en el aula de clase, al igual que sucede cuando hacemos investigación científica propiamente dicha, es importante el trabajo en equipo, donde se distribuyen responsabilidades y tareas que en suma, nos ayudan a	los directores de las investigaciones. En el contexto del aprendizaje de las ciencias por resolución de problemas, el papel de los estudiantes no puede ser pasivo, el trabajo en equipos, la discusión argumentada entre ellos, el aporte de información valiosa a lo largo de todas las actividades, debe ser una constante. Y todo esto siempre pensado en que la finalidad debe ser que los estudiantes elaboren sus propios conocimientos científicos, compatibles con los aceptados y reconocidos por las comunidades científicas a lo largo de su historia.	Hemos visto que se puede aprender significativamente cuando el profesor explica conocimientos teóricos diferenciados jerárquicamente y cuando hay intención porque lo nuevo se conecte con lo previo, pero también hemos llegado a la conclusión que un mejor aprovechamiento de las teorías del aprendizaje significativo, implica que las actividades de enseñanza se traten como actividades de investigación orientada... donde se abordan no solo conocimientos teóricos, sino donde se favorecen actitudes positivas hacia la ciencia como el trabajo en equipo, la fundamentación del trabajo a partir de otros trabajos, el intercambio de información relevante, la construcción colectiva de hipótesis... y todo ello tratando que todo se ponga en práctica y se divulgue lo que se ha hecho... Como bien se ha insistido en el curso, el aprendizaje de las ciencias debe reflejarse en forma de cambios

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

		avanzar en la solución de los problemas.		conceptuales, actitudinales y procedimentales en los estudiantes en relación al tratamiento de problemas científicos.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La eficacia del aprendizaje de las ciencias en los alumnos depende, entre otros factores, del método o de las estrategias seguidas y su calidad implica conceder “un tiempo propio” que necesariamente deben invertir los estudiantes.	Sí creo ahora que buena parte del éxito en el aprendizaje de los estudiantes radica en el tipo de estrategia didáctica que utilizamos los profesores... claro que a veces se encuentran otros factores asociados más con el ambiente escolar, las condiciones sociales de los estudiantes o sus habilidades de pensamiento. De otra parte, sí es claro que cada estudiante aprende a su ritmo y esto hay que tenerlo en cuenta cuando diseñamos nuestras estrategias.	La enseñanza es una actividad fundamentada teóricamente y desde allí proponemos y validamos estrategias dirigidas a la consecución de aprendizajes concientes y significativos. Pero por más general que sea la estrategia para aplicarse en el grupo, debemos recordar que la personas tenemos nuestros propios estilos y ritmos de aprendizaje y por tanto, eso que dices del tiempo propio, me parece que tenemos que considerarlo permanentemente cuando desarrollamos y evaluamos las actividades de los estudiantes.	Elaborar conocimientos requiere más esfuerzo y más tiempo que asimilar información... así mismo un buen proceso de enseñanza de las ciencias debe favorecer estrategias que privilegian la investigación científica como camino para aprender ciencias. La suma de estas consideraciones debe permitirnos innovar permanentemente, pensando en actividades de enseñanza equivalentes a procesos de investigación científica, reconociendo que sus resultados no son inmediatos son que van consolidándose a lo largo de todo el proceso.	La idea es que los estudiantes diseñen o consideren adecuadas estrategias de investigación para resolver los problemas que se plantean en las clases de ciencias, creo que este es un factor clave para asegurar un buen aprendizaje de las ciencias no solo en lo conceptual sino en lo práctico y en lo actitudinal. Ahora bien, uno no resuelve los problemas de la noche a la mañana, en realidad se trata de un proceso que como todo proceso, toma un tiempo en desarrollarse...
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Una buena evaluación del aprendizaje de las ciencias en los alumnos debe contribuir a valorar los logros en el conocimiento por parte de los estudiantes y las estrategias empleadas por el	Efectivamente considero que la evaluación es una herramienta para el mejoramiento del aprendizaje de los alumnos y para el mejoramiento de la enseñanza del profesor. Debe ser incluyente tratando de ayudar a	Creo que ahora me he aproximado a una diferencia entre calificar y evaluar... el hecho casi siempre hemos calificado, determinamos quiénes saben más y quiénes menos, y ello es un indicador para	Si el objetivo de la educación en ciencias es que los alumnos elaboren significativamente conocimientos científicos, no tiene sentido que la evaluación persiga identificar la cantidad de	La resolución de problemas no se califica como cuando se califica el resultado de una prueba deportiva, no depende de quien llegue primero para asignar una nota positiva y así sucesivamente hasta el que llegue

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

Profesor.	que profesores y alumnos identifiquen sus fortalezas y sus debilidades, y a partir de ellos desarrollen actividades fundamentadas conducentes a afianzar las fortalezas y a superar las debilidades.	decidir quiénes merecen continuar y quiénes deben repetir... o sea es excluyente. Por el contrario, con la evaluación intentamos ejercer una cultura de la formación de las personas, evidenciando sus progresos y sus dificultades para progresar, ayuda en forma incluyente a identificar las necesidades específicas de cada estudiante. En la calificación, no se tiene en cuenta el efecto de las enseñanzas en los aprendizajes, en cambio en la evaluación se consideran las posibles implicaciones de la enseñanza en el aprendizaje.	conocimientos almacenados por los estudiantes. Debe más bien identificar todo el proceso de investigación que se sigue, lo que incluye desde las estrategias utilizadas por el profesor hasta las actividades y los resultados alcanzados por los alumnos.	de último para asignar la nota más baja posible. Aquí tenemos que pasar a construir una nueva cultura de la evaluación... donde verificamos entre todos los progresos y las dificultades, todo para tomar decisiones en relación con lo que debemos hacer en el equipo constituido por profesores y estudiantes para incidir sobre lo que cada quien necesita para avanzar en la investigación...
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La evaluación debe servir como instrumento para la mejora del aprendizaje, de la enseñanza y del currículo.	Creo que lo dicho anteriormente contesta esta pregunta.	Creo que tiene mucho que ver con lo dicho anteriormente, la evaluación favorece climas de respeto, de aprecio por el rigor en el trabajo, de valoración de los esfuerzos de cada quien. Todo ello ha de servir de instrumento para monitorear la consistencia del currículo de las ciencias y de los cursos, la estrategias y las actividades de enseñanza y las formas y los resultados de los aprendizajes, o	Sí creo que esto debe ser así, porque una educación en ciencias pensada en la formación de personas con predisposiciones positivas hacia la ciencia, con espíritu científico y con habilidades para resolver problemas de interés científico, requiere la revisión permanente de todo el acto educativo, de sus finalidades, de los conocimientos que se enseñan, de la manera como se secuencian, de	Precisamente esto tiene que ver con lo que acabo de decir... evaluar no es calificar. No pretendo con un instrumento decidir qué valor le debo asignar al trabajo de cada estudiante, sino cómo con los resultados y con las evidencias que a diario obtenemos identificamos las ayudas que cada quien necesita. Pero de pronto los resultados obtenidos no implican solo la ayuda a los estudiantes, sino también la

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

		sea de los cambios de los estudiantes.	las actividades de enseñanza, de los logros de los estudiantes, de la evidencia de sus competencias científicas...	revisión del currículo, de la manera como estamos considerando los conocimientos que enseñamos y la forma como los secuenciamos, o de las estrategias de enseñanza seguidas... por eso creo que la evaluación sirve como instrumento que nos proporciona información sobre todos aquellos aspectos en que debemos mejorar para que el proceso sea cada vez mejor, desde lo que esperamos y concebimos en el currículo de ciencias hasta las actividades de cada una de las sesiones de trabajo con los estudiantes.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La evaluación del aprendizaje de las ciencias debe centrarse en la identificación del aprendizaje significativo de contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales tratados en sesiones teóricas, en sesiones de problemas y en sesiones de laboratorio.	Claro que sí... se trata en últimas de evaluar los aprendizajes y las enseñanzas, y todo ello gira en torno a problemas que se resuelven usando conocimientos conceptuales, actitudinales y procedimentales... mejor dicho, se trata de evaluar los cambios y el aprendizaje significativo de los alumnos en cuanto a las tres dimensiones o componentes básicas de los contenidos científicos: los saberes, las	Aprender ciencias como hemos dicho es lograr cambiar nuestras concepciones, nuestras actitudes y nuestras prácticas para encarar de manera alternativa la solución de problemas de interés científico. Ello se logra en diferentes momentos, desde cuando ajustamos el planteamiento de los problemas a desarrollar, hasta cuando realizamos actividades de síntesis, y eso se hace con la actividades que hacemos en el aula de clase, en la	Debe ser coherente con las pretensiones educativas. Si para nuestro caso, la idea es que los alumnos desarrollen actividades de investigación científica conducentes a resolver problemas, la evaluación debe valorar todo lo relacionado con un proceso de investigación: la manera como los estudiantes se predisponen para la solución del problema, la manera como fundamentan el problema, como lo acotan, como diseñan estrategias	En cuanto a los estudiantes, estoy de acuerdo con que la evaluación debe procurar indagar sobre los grados de cambio en la concepciones, actitudes y prácticas de los estudiantes... todo en el marco de cómo han concebido, seguido y replanteado estrategias para resolver problemas. Todo ello se evalúa en diferentes momentos, en las clases de teoría, en las clases de laboratorio, en las actividades extra – clases, en las

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	predisposiciones y las prácticas.	sesiones de trabajos de laboratorio, en las actividades extra-curriculares, en las tareas extra-clase, etc.	para resolución, como lo abordan en equipos de trabajo, como obtienen resultados, como los interpretan, como les encuentran aplicaciones en otras situaciones, como divulgan los resultados, etc. En fin, se trata entonces de una evaluación que abarca aspectos conceptuales, actitudinales y procedimentales...	clases de solución de ejercicios. Los estudiantes deben evidenciar que no llenan formularios para demostrarnos a los profesores que conocen la información que queremos que conozcan, sino para desarrollar sus ideas y sus prácticas y para evidenciar qué tanto les son útiles para resolver los problemas que nos hemos planteado.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
La evaluación, debe ser continua a lo largo de todo el proceso.	A diferencia de la calificación que casi siempre es discontinua y se da al final de un proceso, si estoy de acuerdo con que la evaluación debe hacerse a lo largo de todo el proceso, pues a toda hora nos debemos auto-regular y debemos identificar como ya lo dije, nuestro desarrollo y nuestras fortalezas y debilidades.	De acuerdo, para que sea formativa debe ser constante, en todo momento y atender no solo los aspectos conceptuales, sino también los actitudinales y los metodológicos...	Precisamente porque se trata de un proceso de investigación, la evaluación está presente en todos los momentos del mismo. No puede darse al final de ciertas etapas.	Por las razones anotadas anteriormente, la evaluación debe considerarse en todo momento. No puede concebirse solo en la meta, para ver el orden de llegada como he dicho, sino para ver todos los instantes de los alumnos, cómo inician, cómo progresan, cómo solucionan las dificultades, cómo trabajan con los demás, cómo logran e interpretan resultados, etc.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Para un adecuado aprendizaje de las ciencias, los estudiantes deben ser copartícipes de las actividades de trabajo en el aula.	Si la pregunta fuera en el contexto de la enseñanza tradicional, habría que decir que no pues allí el profesor es el protagonista y los estudiantes los espectadores... pero si es en el contexto de la enseñanza por investigación y para la	Claro, decimos ahora que se trata de solucionar problemas donde los profesores y los estudiantes forman y trabajan en grupos de investigación, todos tienen responsabilidades activas y no pasivas, todos somos protagonistas	Aprender investigando sobre problemas de interés científico requiere actitudes positivas y activas por parte de los estudiantes, requiere trabajar en equipo, participar activamente, aportar ideas... mejor dicho, los estudiantes	Con todo lo que hemos dicho, me queda claro que aprender por la vía de la investigación orientada implica un trabajo en equipo donde todos son protagonistas. En este nuevo contexto del aprendizaje de las ciencias, los estudiantes no pueden

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	resolución de problemas, los profesores y los alumnos asumimos el papel de grupos de investigación, donde como siempre, hay algunos con mayor experiencia y otros más novatos pero todos con el propósito de lograr un propósito común... resolver problemas.	y por tanto corresponsables del éxito o del fracaso de las actividades diseñadas y ejecutadas...	en un ambiente de aprendizaje como estos deben ser protagonistas junto con el profesor en el desarrollo de todas las actividades.	ser los espectadores, son tan activos como debe ser el rol del profesor.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
En clases de ciencias, el trabajo de los estudiantes ha de realizarse preferentemente en pequeños grupos cooperativos.	Bueno, esto tiene que ver con el trabajo en equipos de investigación enfocados en resolver problemas de interés para la ciencia. Posiblemente, cuando tenemos grupos de estudiantes numerosos, convenga que el grupo de investigación que es la clase, se subdivida en pequeños grupos para distribuir responsabilidades y para favorecer la participación activa ojala de la totalidad de los estudiantes... y para ello el trabajo en equipos cooperativos es muy importante, así nadie se descarga en otras personas ni unos pocos lo deciden todo en nombre del grupo.	A partir de organizar la clase como un grupo de investigación, es posible distribuirla en pequeños grupos cooperativos, especialmente para favorecer la actividad de resolución de problemas cuando tenemos grupos numerosos.	La idea es resolver problemas en grupo para favorecer en la mejor medida de lo posible el aprendizaje significativo de cada uno de sus integrantes. Pero teniendo en cuenta el tamaño de los cursos, siempre es bueno dividirlos en pequeños grupos asignándoles responsabilidades particulares para que en los grandes encuentros, intercambien sus producciones, siempre en la perspectiva de alcanzar el logro de solucionar los problemas planteados, al tiempo que de aprender conocimientos y prácticas científicas.	El trabajo en equipo es indispensable para el desarrollo de estrategias colectivas de resolución de problemas, porque la búsqueda de alternativas, la consideración de trabajos previos, el diseño de tratamientos experimentales, así lo amerita.
Pregunta	José	Adolfo	Inés	Pedro
Para alcanzar un adecuado clima de trabajo en las clases de ciencias, el profesor y los estudiantes deben ser	Creo que esta afirmación reafirma lo dicho hace un momento en las preguntas anteriores.	Como he dicho anteriormente, en una actividad colectiva enmarcada en la enseñanza por investigación,	Creo que algo ya he dicho al respecto, habitualmente las actividades de investigación	Todo está conectado, en una clase tradicional, el profesor es el protagonista, los estudiantes son

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

<p>los protagonistas en el aula para abordar pequeñas investigaciones dirigidas.</p>		<p>todos somos responsables a la hora de procurar resolver los problema planteados, es un trabajo en equipo donde todos somos protagonistas...</p>	<p>científica requieren del concurso de diferentes personas, de un trabajo en equipo. Son muy pocos los casos donde se encuentra una investigación científica que es adelantada por personas individualmente... la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias no pueden ser la excepción, resulta mucho más fructífero abordar situaciones problémicas en colectivo. Claro está, si se trata que los estudiantes asimilen la información que suministra el profesor, pues en se caso el trabajo de los estudiantes puede ser individual.</p>	<p>apenas espectadores que trabajan individualmente y la idea es asimilar la información que suministra el profesor. En una clase alternativa e innovadora por el contrario, el profesor y los estudiantes somos los protagonistas, y la idea es resolver problemas lo que favorece que se aprenda investigando, todo para que el resultado sean cambios o recontextualizaciones en nuestras formas de pensar, sentir y actuar...</p>
<p align="center">Pregunta</p>	<p align="center">José</p>	<p align="center">Adolfo</p>	<p align="center">Inés</p>	<p align="center">Pedro</p>
<p>Una última pregunta, el profesor debe abordar su práctica profesional como una actividad problemática que requiere para su solución de un trabajo colectivo donde han de participar otros colegas.</p>	<p>Creo que todo lo trabajado a lo largo de estos dos semestres se sintetiza aquí... los profesores no podemos continuar trabajando separadamente, debemos intercambiar nuestras experiencias, nuestros conocimientos y nuestras expectativas. Lograr el aprendizaje de los estudiantes es un reto, una situación problemática que se soluciona con investigaciones didácticas, y como toda</p>	<p>Primero que todo, quiero darte gracias por la paciencia y por el interés por habernos ayudado a desarrollar cambios de todo tipo en relación con nuestra actividad como profesores de ciencias, ojala el equipo se mantenga y logremos mostrar producciones importantes que hagan que otros profesores se unan a esta nueva concepción y práctica sobre la enseñanza. De otra parte, en relación con la</p>	<p>Como en toda investigación, en el caso de la investigación en educación en ciencias, el problema es cómo favorecer mejores aprendizajes en los estudiantes. Respuesta que no se logra siguiendo una técnica predeterminada, sino poniendo a prueba hipótesis fundamentadas. Así, como en todo programa de investigación, el cual se desarrolla en Grupos de Investigación, es</p>	<p>En la cultura de la investigación, se trata de resolver problemas colectivos. Dado que el aprendizaje es el problema fundamental a resolver al que nos enfrentamos los profesores, su solución implica un trabajo en equipo, yo creo que es hora de pasar de asumir nuestro trabajo como algo individual, como si todo fuera solo ir al salón de clase a contar lo que sabemos... se trata ahora de un reto muy importante, de</p>

Anexo 2. Resultados de la entrevista aplicada a profesores universitarios de química

	<p>investigación, es preferible que ésta se desarrolle como un proyecto colectivo. Ojala Carlos Javier que esto se pueda mantener, que se favorezcan las condiciones para que el ambiente de la Universidad propicie que nuestra docencia sea innovadora, ahora nos has entusiasmado para que la enseñanza sea enriquecedora para nosotros y para los alumnos, debemos mantener una línea de trabajo para consolidar estos nuevos conocimientos didácticos y estas nuevas prácticas docentes que nos has ayudado a elaborar.</p>	<p>pregunta, creo que es clara y consistente la necesidad de pensar en trabajar en equipos docentes... es igual que lo que pensamos ahora del trabajo de los estudiantes, para resolver problemas como facilitadores del aprendizaje de las ciencias, se debe trabajar en equipos... de igual modo, si los profesores queremos abordar seriamente las problemáticas relacionadas con la enseñanza de las ciencias, debemos trabajar en equipos partiendo de marcos de referencia comunes como los que nos propone la didáctica de las ciencias. Muchas gracias...</p>	<p>deseable que el trabajo de los profesores se planifique y se desarrolle en equipo. Esto creo que es una de las principales fortalezas alcanzadas en el desarrollo de esta iniciativa que has liderado... además de sentir que hemos aprendido significativamente teorías sobre filosofía de la ciencia y sobre didáctica de las ciencias, hemos vivenciado cambios conceptuales y prácticos sobre la enseñanza de las ciencias, y hemos reconocido la importancia que tiene para favorecer adecuados aprendizajes de los estudiantes el que nosotros trabajemos en equipo... el reto ahora es cómo involucrar más colegas en estos equipos, quizás los resultados de nuestro trabajo como profesores empiece a llamar la atención de otros profesores. Muchas gracias.</p>	<p>lograr que con nuestro acompañamiento, otros elaboren sus propios conocimientos de cara a la solución de problemas en el contexto de la investigación científica. Aprovecho Carlos Javier para agradecerle inmensamente el que nos hayas ayudado a cambiar nuestras concepciones sobre la enseñanza de las ciencias y me queda esperar que este colectivo de trabajo se mantenga y aumente... esto puede contribuir a una mejor formación de futuros profesores de química que ojala posteriormente continúen con esta nueva cultura educativa en ciencias.</p>
--	--	---	---	--

ANEXO 3

**PRESENTACIÓN DE ALGUNOS
APORTES A LA INVESTIGACIÓN
DIDÁCTICA ELABORADOS POR LOS
PROFESORES UNIVERSITARIOS DE
QUÍMICA INTERVENIDOS**

Anexo 3. Presentación de algunos aportes a la investigación didáctica elaborados por los profesores universitarios de química intervenidos

Se presentan a continuación algunos de los primeros trabajos de investigación en Didáctica de las Ciencias que fueron dirigidos por los profesores universitarios de química que hicieron parte de esta investigación. Dichos trabajos, son el resultado de la dirección de unidades didácticas desarrolladas en cursos de química fundamental y fueron trabajadas supervisando a estudiantes para profesores de química en formación quienes a su vez, adelantan prácticas docentes en algunas instituciones de educación media de la ciudad de Bogotá. Estos trabajos fueron presentados en un evento institucional de socialización de práctica docente en Educación en Ciencias, celebrado en la Universidad Distrital en febrero del año 2007. En la actualidad (enero de 2008), los profesores trabajan en su profundización de cara a ser presentados en eventos especializados en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Los trabajos han sido presentados en conjunto, sin embargo la dirección de los mismos fue la siguiente:

José y Adolfo: *UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS CONCEPTOS ESTRUCTURANTES DE DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA Y UNIÓN QUÍMICA DESDE LA EPISTEMOLOGÍA Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA CONTEMPORÁNEAS*

Inés, Pedro y Adolfo: *LA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA DE GERARD FOUREZ COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO Y LA APLICACIÓN DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA QUE FAVOREZCA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CONCEPCIÓN DE LAS TRANSFORMACIONES QUÍMICAS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA*

José, Inés y Pedro: *DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA DIRIGIDA A LA ENSEÑANZA DE LA CUANTIFICACIÓN DE REACCIONES QUÍMICAS DESDE UNA PERSPECTIVA CONTEMPORÁNEA DE LA EPISTEMOLOGÍA Y LA HISTORIA DE LA QUÍMICA*

UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS CONCEPTOS ESTRUCTURANTES DE DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA Y UNIÓN QUÍMICA DESDE LA EPISTEMOLOGÍA Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA CONTEMPORÁNEAS

José y Pedro

RESUMEN

La propuesta didáctica esta orientada hacia la enseñanza de la relación existente entre la estructura atómica y las propiedades macroscópicas que presenta la materia en los estados sólido, líquido y gaseoso, desde los conceptos estructurantes de naturaleza corpuscular de la materia y enlace químico. Su construcción es producto de un análisis teórico de antecedentes referidos a diversos aspectos como: historia de la química, epistemología, modelo pedagógico constructivista, modelo didáctico de resolución de problemas, psicología cognitiva y relaciones CTS.

SUMMARY

The didactic proposal this oriented towards the education of the relation between the atomic structure and the macroscopic properties of matter in the solid states presents/displays, liquid and gaseous, from the structures concepts of Corpuscular nature of the matter and chemical Connection. Its construction is product of a theoretical analysis of antecedents referred to diverse aspects like: history of chemistry, epistemology, to constructs pedagogical model, didactic model of resolution of problems, cognitive psychology and relations CTS.

Palabras Claves:

Concepto estructurante, unidad didáctica, historia de la ciencia, enseñanza y aprendizaje de la ciencia, resolución de problemas y epistemología

Keywords:

Structures concept, didactic unit, history of science, education and learning of science, resolution of problems and epistemology

INTRODUCCIÓN

Elaborar una unidad didáctica para la enseñanza de la química, basada en el modelo de resolución de problemas, no es una idea del todo innovadora en el amplio sentido que la palabra merece. Si bien es cierto, la creación de unidades didácticas cuenta con un creciente número de referencias, tanto sobre experiencias didácticas como acerca de su evaluación y de principios por los cuales se rige la planificación de las mismas, esto demuestra el desarrollo de la didáctica como una disciplina con rigurosidad teórica y metodológica.

El hecho de construir la unidad didáctica titulada “¿Que hay en común entre un sólido, un líquido y un gas?” tiene en fundamento la necesidad de articular ciertos conceptos estructurantes de la química, tales como Naturaleza corpuscular de la materia y unión química desde un enfoque histórico y epistemológico, de tal manera que se encuentre en correlación con el currículo de ciencias propuesto para los niveles 10 y 11 del sistema educativo colombiano (especificado en los estándares de competencias del MEN), pretendiendo hacer del proceso de enseñanza – aprendizaje de la química, no solo en el campo conceptual, sino también en lo que se refiere a lo procedimental y a

lo actitudinal, un proceso dirigido hacia el desarrollo de competencias tenidas en cuenta como “competencias científicas escolares”

Esta propuesta didáctica debe procurar estar fundamentada en principios que busquen cumplir con las demandas exigidas por la dinámica de la sociedad, por la metodología de la investigación en ciencias y además proveer una nueva alternativa para la evolución de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias iniciada por Novak (1988) en la mitad de la década de los 80, lo cual significa un avance importante en la evolución de la investigación en didáctica, al mismo tiempo que se acojan a las nuevas perspectivas de investigación en ciencias (naturales o sociales), con el fin de promover el desarrollo de una u otra disciplina. En otras palabras, lo que se quiere afirmar con respecto a la fundamentación de una propuesta, es que contribuya al desarrollo de la didáctica de las ciencias al abrir las puertas a nuevos campos de discusión acerca de los modelos didácticos y que se remitan a los problemas actuales de la investigación en didáctica de las ciencias.

En el marco de la epistemología de las ciencias hay sin lugar a dudas un amplio número de propuestas para explicar los cambios que sufre el desarrollo científico en función del tiempo y de las teorías que intentan dar explicación a los fenómenos naturales y/o sociales objetos de la observación de los investigadores. Es por tanto que la historia junto con el estudio mismo de las ciencias, se convierten en elementos importantes en la investigación didáctica y en la formulación de nuevas teorías de carácter epistemológico. Aquí se enmarca la importancia que se otorga a la historia de las ciencias para ofrecer validez a los modelos explicativos de la evolución científica.

El trabajo que se propone esta fundamentado en el diseño y realización de unidades didácticas bajo el referente conceptual-epistemológico del modelo dinámica científica propuesto por Anna Estany (1990) y la epistemología de carácter social que fundamenta Gerard Fourez (1994), bajo una temática específica de ciencias abordada de los estándares de educación básica y media. Con ello se pretende lograr una mejora en los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de los estudiantes, mediante el acercamiento de la historia de la ciencia al trabajo en el aula.

Desde estos principios y teniendo en cuenta la caracterización de actitudes en los estudiantes y la conceptualización de los contenidos, se propone la creación de una unidad didáctica que permita el desarrollo de los conceptos estructurantes de unión química, naturaleza corpuscular de la materia y noción de vacío desde una perspectiva histórica proporcionada por la articulación de las miradas epistemológicas citadas anteriormente, junto con los aportes de las investigaciones didácticas en el campo de la naturaleza corpuscular de la materia y la unión química.

¿QUÉ BASES DIDACTICAS Y COGNITIVAS SON NECESARIAS PARA VALIDAR LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS?

En las clases tradicionales de ciencias, los estudiantes son capaces de resolver los problemas que se plantean al aplicar la ecuación indicada, pero el aprendizaje es básicamente memorístico y aleatorio, difícil de extrapolar a otras situaciones que impliquen un tipo de análisis distinto o que no contengan las variables determinadas para aplicar el algoritmo; esto genera frustración y apatía en el estudiante para intentar resolver un nuevo cuestionamiento.

A diferencia de esto, el aprendizaje significativo propuesto por Ausubel et al (1976), se centra en conocer y modificar la estructura cognitiva del estudiante, “anclando” nuevos

conceptos que le permitan representar la realidad categórica y esquemáticamente simplificada, relacionando, reorganizando y asimilando nuevos significados que le permitan manipular y comprender su realidad. La resolución de problemas contribuye a que el estudiante construya esas bases, trabajando los problemas de química como problemas abiertos, susceptibles de ser abordados a través de diferentes estrategias, guiadas por sus propias hipótesis, objetivos e intereses, todo justificado desde un marco teórico fundamentado y coherente. Esta metodología incrementa la motivación por las clases de ciencias, ya que son los estudiantes los que construyen su propio conocimiento e incluso pueden llegar a la solución de problemas que ellos mismos planteen (que sería lo esperado); el desarrollo de este tipo de actividades, le otorgan al estudiante confianza y la posibilidad de desarrollar diferentes tipos de competencias que le permitan enfrentarse a futuros problemas que no necesariamente deben pertenecer a la misma disciplina.

En lo que se refiere a como se interiorizan significativamente los conceptos estructurantes en el discurso escolar del estudiantado, con el cual se pone a prueba la unidad didáctica, es necesario hacer una diferenciación entre lo que se entiende, en una parte por concepto (denominado “concepto Ausubeliano”) y por otra parte los conceptos didácticos (concepto didáctico o conceptos estructurante simplemente). El concepto estructurante en términos psicológicos, puede verse como un concepto inclusivo en el que se abarcan varias ideas preconcebidas en la mente del estudiante; para nosotros el concepto estructurante consiste en todos los atributos de criterio relacionados a eventos, objetos, fenómenos y situaciones que tienen en común encontrarse juntos para dar forma a la estructura cognitiva de los estudiantes por medio de su misma enseñanza.

Con esto se asume que el concepto estructurante tiene una naturaleza independiente de los conceptos Ausubelianos y que, de acuerdo con su misma existencia y sus características; el problema de su enseñanza-aprendizaje se hace diferente que el de la enseñanza de los conceptos Ausubelianos. De esta manera se acepta que la noción de concepto didáctico¹ (como “naturaleza corpuscular de la materia”, “el cambio químico”, la “cuantificación de relaciones en química”, el “equilibrio químico”), en la mayoría de los casos y particularmente en la enseñanza de la química se presentan como proposiciones, aunque también se distinguen algunos conceptos muy inclusivos que, al parecer se encuentran con alto grado de jerarquía en la estructura cognoscitiva de los alumnos, al cabo de su aprendizaje; tal es el caso de conceptos de corte Ausubeliano como Entropía, Energía, Varianza, Célula, entre otros, en diferentes campos de la ciencia escolar.

Con la adquisición del concepto didáctico se admite que los individuos no otorguen el mismo significado genérico a los términos de su lenguaje, y estos organicen su discurso de tal manera que, al mitigar la influencia de los elementos idiosincrásicos sobre los significados, estos se vean organizados (estructurados) por la significatividad de las relaciones entre ellos mismos; en donde el orden de jerarquía entre las relaciones y conceptos esté dada por la existencia del concepto didáctico (estructurante) adquirido en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia.

¿Cómo integrar la historia de la química en la propuesta didáctica?

El papel de la historia es muy importante en diferentes campos de la actividad científica, en didáctica de las ciencias, el papel de la historia es relevante como lo afirma Quintanilla (2005) donde se “*Promueve una mejor comprensión de los*

¹ En la literatura didáctica denominados estructurantes

Anexo 3. Presentación de algunos aportes a la investigación didáctica elaborados por los profesores universitarios de química intervenidos

conceptos y métodos científicos; los enfoques históricos conectan el desarrollo del pensamiento individual con el desarrollo de las ideas científicas; la historia de la ciencia se hace necesaria para comprender la naturaleza de la ciencia, su objeto y su método de estudio; la historia de la ciencia cuestiona el cientificismo y dogmatismo que es común de encontrar en nuestras clases y nuestros textos de ciencia”, es así que la historia no debe ser solamente un bloque temático en los currículos de ciencias, una acumulación de hechos “importantes” al inicio de los cursos de ciencias, como capítulo introductorio; más bien debe ser manejada desde una perspectiva constructivista en la que, si bien, no sea tenida en cuenta en la totalidad del transcurso de las actividades escolares, tenga buena importancia como elemento didáctico.

Al plantear la necesidad de introducir la historia de la ciencia en los procesos de enseñanza aprendizaje, con el fin de generar actitudes positivas en los estudiantes hacia la ciencia; para propiciar cambios frente a la visión que tienen de cómo los científicos resuelven sus problemas², surge el siguiente interrogante: ¿Cómo organizar y estructurar los cambios más importantes dentro de un campo de conocimiento relacionado con determinado concepto estructurante, que han marcado la historia de la ciencia y su evolución, para construir una unidad didáctica?. Para dar respuesta al anterior cuestionamiento, se utiliza como herramienta principal, el Modelo de Dinámica Científica propuesto por Anna Estany. El modelo no pretende analizar los cambios experimentados por las teorías científicas, por el contrario se enfoca hacia el estudio de un fenómeno más complejo: la evolución de las ciencias.

El enfoque de esta propuesta radica en evidenciar problemáticas debidas a la presencia de actitudes negativas en los estudiantes de secundaria hacia el aprendizaje de las ciencia (Ariza y Currea, 2004). A causa de los métodos tradicionales de enseñanza, se observan dificultades en la construcción significativa de conceptos en química, es por esta razón que surge la necesidad de diseñar una unidad didáctica que afronte estas dificultades, y que posibilite estructurar una visión de ciencia de acuerdo a principios epistemológicos actuales.

Abordar la temática de la unidad didáctica a proponer implica contextualizarnos entorno a dos conceptos estructurantes, la unión Química y la Naturaleza Corpuscular de la Materia, planeando las actividades con base en el modelo de resolución de problemas, teniendo en cuenta referentes históricos, epistemológicos, didácticos y pedagógicos, de tal forma que se desarrolle en los estudiantes una visión dinámica de la construcción de ciencia³, que además evidencie las interacciones entre los elementos sobre los cuales se teoriza, los instrumentos que se utilizan para tal objetivo, los fenómenos y problemas sobre los que se investiga (campo de aplicación) y los principios metodológicos que se utilizan para su desarrollo.

Buscando entre los objetivos de la investigación el generar en los estudiantes cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales mediante la aplicación de una unidad didáctica desde el modelo de resolución de problemas que desarrolle los conceptos de Unión Química y Naturaleza Corpuscular de la materia, integrando la epistemología y la historia de la ciencia, comprobar, mediante la aplicación de la unidad didáctica, que haciendo de la enseñanza de la química un proceso histórico, se pueden generar cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales en los estudiantes frente a la construcción de ciencia y de igual manera fomentar el desarrollo de competencias

² Problemas cuyo origen esta delimitado por la época, una sociedad y unos elementos culturales.

³ Asumiendo de forma implícita que la construcción de ciencia se explica desde diferentes aspectos conceptuales, actitudinales, procedimentales y sociales.

Anexo 3. Presentación de algunos aportes a la investigación didáctica elaborados por los profesores universitarios de química intervenidos

conceptuales procedimentales y actitudinales en los estudiantes hacia la resolución de problemas en química, desde un modelo de enseñanza aprendizaje guiada por un hilo histórico soportado en la epistemología y centrada en los conceptos estructurantes de Naturaleza corpuscular de la materia y Unión química, sin dejar a un lado las competencias científicas que se pueden desarrollar en los estudiantes.

Debido al tipo de investigación cualitativa que se llevará a cabo, este proyecto se enmarca en una metodología de corte interpretativo-descriptivo, por lo tanto se construye un diseño metodológico coherente con los principios de este tipo de investigación:

1. Es posible generar en los estudiantes una visión dinámica de la construcción y evolución del conocimiento científico que tenga en cuenta las interacciones en las ciencias, si su enseñanza es llevada a cabo mediante unidades didácticas desarrolladas en el marco de la epistemología y la historia de las ciencias.
2. Mediante la aplicación de las actividades de enseñanza dentro de la unidad didáctica propuesta, los estudiantes experimentarán cambios en el campo conceptual, procedimental y actitudinal frente a la visión de ciencia y especialmente, con respecto a los conceptos estructurantes de Unión Química y Naturaleza Corpuscular de la Materia.
3. Al finalizar la aplicación de la unidad didáctica, los estudiantes serán capaces de resolver problemas cotidianos y científicos escolares utilizando los conceptos estructurantes de Naturaleza Corpuscular de la Materia y Unión Química

Se trabajó con 28 estudiantes, con rango de edades entre los 15 y 18 años, entre hombres y mujeres, de educación secundaria⁴, en el contexto académico del área de química. A lo largo de la aplicación de las actividades, la población permaneció constante, sin afectar los resultados obtenidos para el final de las actividades.

El diseño de la actividad N° 0 “de concepciones alternativas” está encaminado a proveer inicialmente situaciones contextualizadas en el entorno cotidiano de los alumnos, donde la exploración está fundamentada en llevar a cabo una diferenciación entre el nivel macroscópico de la materia y el nivel microscópico, sin implicar de momento la influencia que tiene este modelo sobre el cómo se unen las partículas para formar enlaces químicos tras una reacción, ya que será desarrollado posteriormente por la unidad.

Durante el desarrollo de las actividades de la primera hasta la sexta, se abarcan los contenidos de enseñanza propuestos por los estándares de competencias, dispuestos en el esquema histórico y conceptual. Las actividades se presentan siguiendo un orden dado: inicialmente se estudia el estado gaseoso, seguido por el estado líquido y finalmente el estado sólido; todo dirigido por un hilo conductor preestablecido en las unidades básicas exhibidas por la historia, que comprenden desde el atomismo griego hasta los modelos atómicos pre-cuánticos.

⁴ Colegio de carácter privado en la ciudad de Bogotá

CONCLUSIONES

Como se ha mencionado con antelación, solamente se presentan los resultados obtenidos a partir del estudio de las concepciones alternativas de los jóvenes voluntarios con quienes se puso a prueba la unidad didáctica propuesta al inicio.

En términos generales, los estudiantes se encuentran con fuertes obstáculos conceptuales para determinar la naturaleza discontinua de la materia; sus ideas en la mayoría de las situaciones son contradictorias oscilando entre aspectos corpusculares y continuos (punto 4); sin hacer una profundización sobre la diferencia que los estudiantes asumen a conceptos más precisos como ión o molécula; sobre la transformación química, se muestran interpretaciones simbólicas y en algunos casos académicas, lo que nos lleva a creer que, de transportar estas ideas al campo material, veríamos dificultades para admitir la situación de la reacción química.

Estamos de acuerdo con los investigadores (Pozo et al 1991, Pozo 1999; Benarroch 2000 y de Posada 1999) en que los conceptos de química son aprendidos por los estudiantes por recepción y memorísticamente, esto se aprecia con mayor claridad en las tabla 4 y 12, en donde la totalidad de los pictogramas presentados por los estudiantes (tabla 4) están relacionados con los modelos tradicionales (las gráficas especialmente) que aparecen en los libros de texto; apoyando esta noción, se tiene que en el esquema conceptual, todos acertaron en la posición de los conceptos electrón, protón y electrón. Con esto se evidencia que, la integración de estos conceptos a la estructura cognitiva, no resulta del todo fructífera para su discurso científico escolar. Sino como elemento memorístico para dirigirse al profesor.

A través de un análisis más profundo (el del documento completo) es posible llegar a determinar que nuestros estudiantes se encuentran en el tercer nivel explicativo; según los niveles explicativos son un elemento heurístico propuesto por Alicia Benarroch (2000) para explicar en términos generales la estructura cognoscitiva de los estudiantes a través de sus respuestas, estos se clasifican en 5 categorías, las cuales dan cuenta del grado de pertinencia que usan los estudiantes para resolver situaciones en las que entra en juego la naturaleza discreta de la materia con algunas excepciones que dan cuenta del nivel 2 y 4.

En cuanto al campo epistemológico y procedimental es posible afirmar que existen diversas ideas en lo que respecta al cambio de teorías, resplandecen los aspectos que tienen que ver con caracterizar la evolución de la ciencia desde un punto de vista empirista.

Un aspecto a considerar es el de los criterios propuestos en el punto 5; tan solo en uno de los casos, el grupo presenta el uso de más de un criterio para referirse a la aceptación de una teoría por encima de otra; esto da cuenta del pensamiento unidimensional con el que cuentan los estudiantes. Por tanto se asume que con la introducción del modelo epistemológico de Anna Estany, cabe la posibilidad de reestructurar las ideas de los estudiantes sobre los aspectos metodológicos.

Sobre los criterios actitudinales, los resultados no son sorprendidos, los estudiantes presentan ideas de la naturaleza de la ciencia; la construcción de la ciencia, el aprendizaje de la ciencia y la imagen de científico no históricas y descontextualizadas del entorno social. Se puso en evidencia que en cinco de los catorce casos analizados, hay una correlación en las ideas de la construcción de ciencia por medio de investigación para satisfacer fines cognitivos del investigador; siendo este último

criterio (fines cognitivos), el más utilizado por los estudiantes (diez de los catorce casos).

BIBLIOGRAFÍA

ARIZA, L. y CURREA, M.I. (2004) *Una Visión de los Contenidos Actitudinales en el Marco de la Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Estudiantes de Educación Media*. Trabajo de grado de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

AUSUBEL, D. NOVAK, J. y HANESSIAN, H (1976) *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas. México.

BENARROCH, A. (2001) Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 123-134.

DE POSADA, J.M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 227-245.

ESTANY, A. (1990) *Modelos de Cambio Científico*. Editorial Crítica. Barcelona.

FOUREZ, G. (1994) *La construcción del conocimiento científico*. Narcea S.A. de ediciones. Madrid.

NOVAK, J.D. (1988) Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 213-223.

POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO, M.A., LIMÓN, M. y SANZ, A. (1991) *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las Ideas de los adolescentes sobre la Química*. Centro de publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

POZO, J.I. (1999) Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: Del Cambio Conceptual a la Integración Jerárquica. *Enseñanza de las ciencias*, número extra.

QUINTANILLA, M. (2005). Historia de la ciencia y formación del profesorado: una necesidad irreductible. *Revista de la facultad de Ciencia y Tecnología, Investigación en Experiencias Didácticas en Matemáticas, Ciencias Experimentales y Tecnologías. Numero Extra*. Universidad Pedagógica Nacional.

LA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA DE GERARD FOUREZ COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO Y LA APLICACIÓN DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA QUE FAVOREZCA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CONCEPCIÓN DE LAS TRANSFORMACIONES QUÍMICAS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA

Inés, Pedro y Adolfo

RESUMEN

Gerard Fourez (1994) nos invita a repensar la ciencia como un proceso histórico, desarrollado paulatinamente en sociedad y en construcción, en definitiva “hecho por y para los humanos”. A partir de esto, y sin dejar a un lado el proceso histórico de la Química alrededor de la construcción del conocimiento científico, diseñamos y aplicamos una propuesta didáctica en un grupo de educación media⁵. Esta serie de acciones generó dentro de la mayoría de estudiantes, una concepción contemporánea de las transformaciones químicas.

SUMMARY

Gerard Fourez (1994) invites us to rethink about science as a historical process developed within society gradually; all in all “it has been done by and to humans”. Taking into account this quote and without leaving the historical process of Chemistry in the construction of scientific knowledge, we built and put into practice a didactic proposal in a high school group. Those actions generated a contemporary conception about chemical transformations in most of the students.

Palabras Claves:

Sociedad, ciencia, educación científica, transformación química, propuesta didáctica, conocimiento científico y competencias.

Keywords:

Society, science, scientific education, chemical transformation, proposal didactics, scientific knowledge and competitions.

INTRODUCCIÓN

Para desenvolverse adecuadamente en el mundo actual hace falta estar científicamente alfabetizados. En este sentido, la enseñanza de las ciencias cobra especial importancia. Sin embargo, sabemos que este proceso está fuertemente determinado por la idea de ciencia que se maneje, por esto Fourez (1994) constituye un aporte importante para el proceso educativo al proponer una nueva visión epistemológica de las ciencias.

Investigaciones demuestran que los estudiantes presentan dificultades en su proceso de aprendizaje superables con nuevas propuestas de enseñanza (Pozo 1991; Duschl 1995), y por tanto se considera que en los procesos de enseñanza – aprendizaje es útil involucrar elementos propios de la teoría educativa contemporánea a los contenidos de la ciencia.

⁵ Colegio de carácter público, IED Los Comuneros Oswaldo Guayasamín, en Bogotá D.C.

En este sentido, se parte de los avances recientes de la didáctica de la química considerando conocimientos propios de la química y de la didáctica de las ciencias, tanto los usados en la práctica escolar cotidiana como los que se proponen en la teoría educativa contemporánea. Estas se justifican en estudios rigurosos de la epistemología, la historia, la didáctica y la química, así como en las actitudes hacia la ciencia y hacia su aprendizaje; además se considera como referente los estándares en ciencias fijados por el Ministerio de Educación Nacional.

Con esto pretendemos desarrollar modos de aprendizaje relacionados con expectativas educativas contemporáneas, que generen aprendizajes de las ciencias considerados como cambios en lo actitudinal, lo conceptual y lo metodológico.

FUNDAMENTO EPISTEMOLÓGICO

Partimos de entender la epistemología de las ciencias como la reflexión crítica acerca de los saberes científicos (Mora et al 2002), esto implica una definición acerca de lo que es conocimiento, saber científico, ciencia, experimentación y demás conceptos que permiten delimitar el objeto de la reflexión.

Este objeto será definitivo para el desarrollo de las ciencias y su enseñanza, en la medida en que proporciona no solo una posición sino consecuentemente una práctica, tanto en la producción como en la reproducción del conocimiento científico.

Podemos ejemplificar este postulado partiendo de que si se considera la ciencia como un problema meramente cuantitativo, seguramente se desprecian observaciones no cuantitativas; es por ello que en el terreno de la educación científica habitual se privilegia el tratamiento de problemas algorítmicos y de calificaciones con base en resultados numéricos.

En este sentido los aportes que se retoman de Fourez (1994) para la elaboración de la propuesta didáctica son:

* Plantear que el método científico es un proceso dialéctico, es decir, cuestionar el concepto de objetividad al plantear que la observación no es neutral sino que está mediada por el paradigma que se use para conceptualizarla, es así que lo objetivo queda definido por el proceso colectivo de la suma de subjetividades.

* En el momento en que las explicaciones que están presentes cognitivamente son insuficientes para el campo de acción que definimos, nos enfrentamos a la necesidad de adquirir -si es que ya existen- o construir representaciones que nos permitan desenvolvernos de manera efectiva, sin que esto signifique que las anteriores representaciones ya no son útiles para otros campos de acción.

* La racionalidad científica es entonces un fenómeno humano que debe ser útil para resolver problemas, es decir, es lo que en palabras de Fourez (1994) se llama "tecnología intelectual"; sin embargo no lo es de cualquier manera ya que está íntimamente ligado con la sociedad y con los fenómenos políticos, económicos y culturales que en ella suceden.

* Básicamente por esta razón, los grupos que tienen acceso a este conocimiento, deben comprender que están en la sociedad y eso implica que deben tomar una posición frente a cuestiones cruciales cómo ¿Al servicio de quién debe estar la

ciencia?, ¿Quiénes deben tener acceso a ella?, ¿Para qué hacemos ciencia?, y actuar consecuentemente con ella.

Esto último tiene una implicación fuerte en educación científica, ya que es por medio de esta como logramos que cada quien tenga acceso al poder que el conocimiento otorga y pueda tener un campo de acción mayor en el mundo.

PROPUESTA DIDÁCTICA

Se parte de una revisión bibliográfica y un análisis de contexto para plantear un viaje en el tiempo en el que grupos de estudiantes reproducen experiencias propias de la alquimia, la edad media y la modernidad para lograr resolver el problema ¿Cómo transformo la materia?

¿Cómo se desarrollo la propuesta?

Con respecto a lo anterior, buscamos que los estudiantes construyan una concepción de las transformaciones químicas consecuente con los planteamientos actuales que trabajan las transformaciones químicas como el reacomodamiento que sucede durante una reacción química (Mosquera, 2000), ello implica considerar los átomos o las moléculas de las sustancias iniciales o reactivos en las resultantes/productos; estas reacciones se representan por medio de las ecuaciones químicas que nos informan cuáles son los reactivos, cuáles los productos, sus estados físicos y la proporción en que se combinan.

Es importante aclarar que al hablar de transformación, estamos hablando de interacciones entre átomos o moléculas, estas se generan debido a que colisionan presentándose rupturas y nuevas atracciones, es decir, dando lugar al rompimiento y formación de enlaces.

Trabajamos con el concepto de transformación porque es un concepto estructurante de la química (Pozo 1991), esto porque su aprendizaje puede posibilitar o dificultar el aprendizaje de otros muchos conceptos. Las transformaciones generalmente se clasifican en dos categorías: transformaciones físicas y transformaciones químicas, aunque existen las transformaciones nucleares⁶, no consideradas como objeto de estudio en esta investigación.

En cuanto al proceso de aplicación, se buscaron y midieron cambios en las formas de sentir, pensar y actuar, esto desde la perspectiva de los estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales del Ministerio de Educación de la Republica de Colombia

El desarrollo de las sesiones trabajadas con los estudiantes fue de la siguiente manera:

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Aplicación test de ideas previas	Se aplicó un instrumento con el fin de dilucidar las preconcepciones actitudinales, conceptuales y metodológicas que manejan los estudiantes en lo referente a las transformaciones químicas.
Actividad de	Construimos una red de ideas en grupo con el fin de reforzar

⁶ Se entiende por transformación nuclear aquella que da lugar al aumento o disminución de los nucleones en un átomo.

Anexo 3. Presentación de algunos aportes a la investigación didáctica elaborados por los profesores universitarios de química intervenidos

refuerzo	algunos conceptos necesarios para el desarrollo de la propuesta didáctica, que estén alejados de concepciones científicas actuales según los resultados del test de ideas previas
Presentación propuesta	Se les hace la presentación del problema y la propuesta didáctica, empezando con el juego de roles, la propuesta fue hecha por un “maestro del tiempo” que organizó los equipos de trabajo y pactó las normas de la aventura que contemplan la elaboración de una bitácora (registro detallado) del viaje, el trabajo en equipo, la indagación, entre otras actividades. Esta sesión se cerró con la entrega de la primera misión.
Práctica de laboratorio (recubrimiento metales)	Desarrollar la primera misión implicó estudiar los conceptos de átomo y elemento partiendo de Platón y Aristóteles y estudiar la alquimia para plantear una experiencia de laboratorio en la que se recubrió hierro con cobre. Fue responsabilidad del equipo llevar una bitácora en la que registraron y analizaron la experiencia, además de contestar el cuestionario que en ella se les presentó.
Discusión	Se hizo la entrega de la bitácora para hacer la socialización generada por la pregunta ¿es posible convertir otro metal en oro?, seguido se hicieron las claridades pertinentes con apoyo de modelos moleculares de los conceptos átomo, elemento y materia. La sesión terminó con la entrega de la segunda misión.
Práctica de laboratorio (Neutralización, cambios de estado)	El desarrollo de la segunda bitácora implicó fundamentar y proponer algunas formas de percibir los ácidos, las sales, las bases, hacerlas interactuar y hacer cambiar de estado una o varias sustancias. Esta fundamentación tiene que ver con asumir por grupos la postura de Lémery, de Newton y las propias del Siglo XVII para desarrollar la bitácora con respecto a ellas.
Panel	Se hizo la socialización de las bitácoras desde la pregunta ¿qué diferencia hay entre un cambio físico y uno químico? de forma tal que en medio de la discusión de los argumentos, se concretaron las diferencias entre transformación química y física por medio de la construcción de un cuadro comparativo.
Match	Se hizo un recorrido de pistas por el colegio para determinar el grado de interiorización y apropiación de competencias hasta ese momento trabajadas, con el fin de determinar cuáles eran los refuerzos o las correcciones pertinentes. Terminar el Match los hizo acreedores de la última misión.
Presentación y sustentación de propuestas	La última misión implicó proponer una manera de transformar la materia y sustentarla grupalmente, incorporando explicaciones en términos de reorganización de átomos, rupturas y formación de enlaces, interacciones inter moleculares e interatómica, esto por supuesto expresado en ecuaciones. Esta sesión funcionó como parte integrante de la evaluación sumativa.
Práctica de laboratorio (elaboración de propuestas)	Fue la oportunidad de poner en práctica un diseño experimental propuesto de manera autónoma. Hizo parte integral de la evaluación sumativa.
Cierre	En la primer parte se concluyó a cerca de los resultados obtenidos durante la aplicación de las propuestas en el laboratorio. En la segunda parte de la sesión se aplicó el post test y la auto-evaluación, además se socializaron los comentarios acerca de la implementación de la propuesta didáctica.

RESULTADOS

La propuesta didáctica tuvo un impacto positivo en veinticuatro estudiantes de treinta y cuatro que conforman el grado, en el sentido de generar cambios en las formas de sentir, pensar y actuar, por lo tanto podemos aseverar que veinticuatro estudiantes avanzaron en la manifestación de competencias básicas en ciencias naturales.

Identificar los cambios en los estudiantes, además de instrumentos de lápiz y papel, requiere de una observación rigurosa y el uso de entrevistas personalizadas semi - estructuradas, ya que los estudiantes presentan serias dificultades de lecto-escritura y verbalización en general lo cual les impide expresar lo que piensan.

Uno de las mayores retos de la propuesta didáctica tenía que ver con que los estudiantes generaran criterios para diferenciar las transformaciones químicas de los cambios físicos. Sin embargo, aunque solo un estudiante los verbaliza, veinticinco más lograron diferenciarlas y ejemplificarlas.

Trabajar desde la perspectiva epistemológica de Gerard Fourez (1994) nos permitió la generación de una visión de ciencia cercana, hecha por humanos y para humanos, en la que el estudiante se reconoce como un sujeto capaz de comprenderla y generar por ende, conocimiento científico. Aunque dos estudiantes siguen reclamando definiciones teóricas exactas que puedan memorizar.

Los estudiantes pasan de tener una visión de ciencia como un cuerpo teórico exclusivo, absoluto, irrefutable e incomprensible, a entender la ciencia como un conjunto de teorías que ayudan a comprender e interpretar el mundo cotidiano, esto hace que aunque lo entiendan como un cuerpo teórico complejo, se atrevan a proponer explicaciones, interpretaciones, a experimentar y a discutir.

Los estudiantes ahora ante un problema, interpretan los datos, buscan en sus modelos explicativos las posibles respuestas y de no ser suficiente, muchos de ellos recurren a la experimentación o la búsqueda de fuentes; sin embargo, algunos estudiantes están convencidos de tener la razón sin escuchar o aceptar otros puntos de vista.

La propuesta didáctica permitió que veintinueve estudiantes construyeran una concepción de las transformaciones químicas desde la visión de reorganización de átomos, lo cual implica que ganaron claridades conceptuales en el sentido de explicar desde una visión microscópica y discontinua de la materia, su realidad inmediata.

Veintinueve estudiantes lograron desarrollar una noción de interacciones lo que significa que interpretan la materia como algo que no es estático y comprenden que las transformaciones químicas o físicas no se dan con átomos o compuestos aislados sino en relación con otros.

La forma de evaluación permitió espacios de aprendizaje que los estudiantes reconocen, explicitando sus ideas y superando la predisposición negativa hacia la prueba aunque siguen muy pendientes de la nota obtenida.

CONCLUSIÓN:

Trabajar desde la perspectiva epistemológica de Gerard Fourez permitió la generación de una visión de ciencia cercana, hecha por humanos y para humanos, en la que el estudiante se reconoce como un sujeto capaz de comprenderla y generar por ende, conocimiento científico. De igual manera se evidencia cierto cambio a nivel

Anexo 3. Presentación de algunos aportes a la investigación didáctica elaborados por los profesores universitarios de química intervenidos

actitudinal con el aumento de la responsabilidad y las demostraciones de los estudiantes acerca de la imagen de la ciencia, un cambio procedimental en la medida en que los estudiantes desarrollan diseños experimentales de variables simples y cualitativos que están argumentados y desarrollados de forma sistemática, aunque siguen siendo poco rigurosos en la toma de datos, y un cambio conceptual en la medida en que los estudiantes construyen modelos explicativos más complejos y contextualizados que les permite analizar su mundo cotidiano, formularse preguntas y problemas, destacándose en el trabajo escolar la interpretación de los datos en buscan en sus modelos explicativos para argumentar posibles respuestas ante problemas planteados en el aula.

Se logró desarrollar una noción de interacciones en los estudiantes, lo que significa que interpretan la materia como algo que no es estático y comprenden que las transformaciones químicas o físicas no se dan con átomos o compuestos aislados sino en relación con otros.

BILBIOGRAFÍA

DUSCHL, R. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*. Número 13.

ESTÁNDARES BÁSICOS DE COMPETENCIAS EN CIENCIAS NATURALES Y CIENCIAS SOCIALES (2004) Ministerio de Educación. Republica de Colombia.

FOUREZ, G. (1994). La construcción del conocimiento científico. Filosofía y Ética de la ciencia. Narcea S.A. de Ediciones. Madrid.

MORA, W., GARCÍA, A. y MOSQUERA, C.J. (2002). Bases para la comprensión de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico-epistemológico de los conceptos estructurantes de la química. *Revista Científica*, 4.

MOSQUERA, C.J. (2000). *Química Mega, tomo I*. Terranova Editores. Bogotá.

POZO, J. I. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA DIRIGIDA A LA ENSEÑANZA DE LA CUANTIFICACIÓN DE REACCIONES QUÍMICAS DESDE UNA PERSPECTIVA CONTEMPORÁNEA DE LA EPISTEMOLOGÍA Y LA HISTORIA DE LA QUÍMICA

José, Inés y Pedro

RESUMEN

En el presente artículo se describe una experiencia educativa con estudiantes de educación media, a través del diseño y aplicación de una unidad didáctica que contempla y articula contenidos didácticos y disciplinares, bajo un planteamiento constructivista teniendo en cuenta el modelo didáctico de resolución de problemas, enfocado hacia una mirada histórico-epistemológica de la cuantificación de reacciones químicas desde Estany y Fourez.

SUMMARY

In this article an educative experience with students of average education is described, through the design and application of a didactic unit that contemplates and articulates didactic contents and you will discipline, under a constructivism exposition considering the didactic model of resolution of problems, focused towards an historical-epistemology glance of the quantification of chemical reactions from Estany and Fourez.

Palabras Claves:

Cuantificación de reacciones químicas, Unidad didáctica, modelo de resolución de problemas, competencia en ciencias, aprendizaje significativo, epistemología e historia de la cuantificación de reacciones químicas.

Keywords:

Chemical reaction quantifying, cognitive unit, model for solving problems, scientific thinking, significant improvement, epistemology-historical point of view from the perspective of chemical reactions.

INTRODUCCIÓN

En la historia de la Química, la primeras medidas realizadas fueron las de masa y volumen, estableciéndose con ellas las primeras leyes que permitieron el desarrollo teórico de esta ciencia (Pozo 1999). Dentro del estudio de los conceptos estructurantes en química, en el concepto de cuantificación de relaciones se presenta la concepción de la cuantificación de reacciones químicas mediante el empleo de cálculos físicos y cálculos químicos. Por ello la importancia de considerar el desarrollo histórico y epistemológico de la química permitiendo desde este punto evidenciar cambios estructurantes en la evolución de la química como ciencia cuando se complementan los estudios cualitativos con los cuantitativos de la materia, superando las perspectivas macroscópicas y alcanzando niveles de comprensión del mundo desde perspectivas microscópicas de la materia.

La indagación histórica de la concepción de cuantificación de reacciones químicas mediante el empleo de cálculos físicos y de cálculos químicos propuesta en esta investigación, enfatiza en la importancia de incluir el estudio histórico-epistemológico a la hora de diseñar currículos en ciencias de la naturaleza, formando al estudiante para que construya una visión dinámica del conocimiento químico. Desde este punto de vista, se considera un componente significativo de la unidad didáctica, la explicación del origen y construcción del conocimiento científico a partir de las diferentes implicaciones e impactos de la ciencia en la sociedad siguiendo las propuestas de Fourez (1998). El componente actitudinal a desarrollar en la unidad didáctica, prevé la articulación entre explicaciones contemporáneas acerca de las ideas y creencias sobre la actividad científica y el aprendizaje humano, al igual que concepciones pedagógicas asociadas con la enseñanza de la química que se integran en una implicación didáctica asociada a la realidad inmediata del estudiante.

Para organizar esta información en una planeación de clase, se diseña una unidad didáctica dirigida a la enseñanza y el aprendizaje del concepto “cuantificación de reacciones químicas”, mediante el empleo de cálculos físicos y de cálculos químicos a partir de concepciones científicas fundamentadas en la historia de la química, la epistemología de las ciencias y estudios sobre las actitudes hacia las ciencias, desarrollando modos de aprendizaje cercanos a las características del aprendizaje significativo, esto es, relacionando algunas tendencias contemporáneas sobre la comprensión y la cognición humana manifestada en cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal (Gil 1986). Siguiendo a Fernández et al (2002), se tratan las unidades didácticas como el conjunto de ideas, planteadas en términos de hipótesis, que incluyen no solo los contenidos de la disciplina y los recursos necesarios para el trabajo diario, sino unas metas de aprendizaje que constituyen la unidad de programación, diseño y orientación para el desarrollo de la enseñanza-aprendizaje.

HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES DIDÁCTICAS PARA EL LOGRO DE APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS Y EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN CIENCIAS NATURALES

Esta unidad didáctica considera como punto de partida contenidos conceptuales, metodológicos y actitudinales en torno a las nociones de cuantificación de reacciones químicas, y favorece su aprendizaje significativo en beneficio del aprender a pensar, de sentir y de actuar, aportando a la formación de personas competentes para resolver problemas de manera autónoma y crítica, que explican la naturaleza del problema científico y las implicaciones sociales de la ciencia, todo en conjunto como base fundamental para favorecer la construcción de conocimiento químico escolar en estudiantes de educación media. La investigación está fundamentada en una inspección bibliográfica que garantiza el soporte teórico para el diseño y aplicación de la unidad didáctica considerando la perspectiva histórica de Anna Estany (1990) quien nos ofrece puntos de clasificación de los modelos científicos y el análisis social de la ciencia que brinda Fourez (1998).

Las Unidades Didácticas en Relación con las Ideas Previas: Estrategia Contemporánea para la Enseñanza de las Ciencias

En la búsqueda de procesos educativos que además de novedosos, generen impacto en la calidad de vida de la sociedad, resulta como gran aporte, el diseño y aplicación de unidades didácticas, que tengan en cuenta ideas implícitas y explícitas de los estudiantes las cuales impregnan todo el conjunto con su filosofía y sus métodos de trabajo, casi siempre implícitos pero determinantes para el desarrollo de habilidades

cognitivas y procedimentales. Con relación al propósito constructivista de la unidad didáctica es necesario tener clara la concepción de idea previa desde la mirada de la psicología cognitiva.

En cuanto al campo de las ideas previas se toma como punto de partida que las estructuras de pensamiento de los estudiantes son un elemento primordial, ya que un aprendizaje significativo se da cuando quien aprende, logra construir a partir de su experiencia y conocimientos, nuevas ideas y nuevas formas de actuación. De acuerdo con Cubero (1993) y con Pozo (1999), buena parte de las ideas previas tienen su formación de modo espontáneo, por ello que tengan tanto significado para el estudiante (así han vivido y aparentemente sus ideas previas dan respuesta a sus interrogantes). Cuando las ideas previas guardan coherencia con el saber científico que se aborda se convierten en una herramienta que aporta a la elaboración de conocimiento científico escolar; sin embargo también puede suceder que cuando el nuevo conocimiento entra en contradicción con las ideas previas, éstas pueden parecer limitadas para brindar explicaciones a un fenómeno en particular. A continuación se presentan algunas reflexiones en torno a las ideas previas:

- El estudiante debe conocer y tomar conciencia de sus propias ideas previas, siendo este un paso de mucha importancia para su transformación. Para ello el docente debe jugar un papel importante en la generación de estrategias de clase que faciliten la identificación de las ideas previas por parte del estudiante.
- Las ideas previas de los estudiantes no llegan a una afirmación o una negación solo por el hecho de entrar en contraste con una concepción científica sino que necesariamente se deben involucrar las nuevas ideas con las anteriores.
- La construcción de nuevos conocimientos se lleva a cabo en un medio eminentemente social caracterizado por la interacción y el intercambio (Cubero 1993). La confrontación grupal de ideas acompañada por la autorreflexión parece ser una estrategia confiable para exponer y replantear las ideas previas en los estudiantes.
- El profesorado debe estar interesado en la consulta permanente de las últimas investigaciones en enseñanza de las ciencias y por ello ha de estar comprometido con el campo de conocimiento de las ideas previas y hacer uso de este conocimiento para la reformulación de sus propuestas educativas.

La Cuantificación de Reacciones Químicas y su Fundamentación desde la Cuantificación de Relaciones en la Química

Hablar de cuantificar, hace referencia a centrar toda la atención en la cantidad o las cantidades presentes en una situación, fenómeno o acción cualesquiera que sea, es decir el proceso de cuantificar sugiere por sí mismo el uso de estrategias numéricas que permitan establecer una lectura más precisa y veraz del acontecimiento o grupo de acontecimientos que se estudian. Por otra parte, cuantificar una relación trae consigo primero el establecimiento claro de una relación la cual solo es posible con la existencia de una conexión de algo con otra cosa y segundo, para que esta sea cuantificable es necesario que la relación que se presenta sea comparable, en este último punto se encuentra el fundamento de la cuantificación de relaciones.

Las relaciones que se presentan en la química son relaciones de composición, proporción y transformación de la materia, y su cuantificación es realizada a la luz de magnitudes y sus respectivas unidades. Para el caso de la cuantificación de reacciones químicas se establece un análisis de la relación entre los reactivos y

productos, análisis orientado por las leyes ponderales (conservación de la materia, composición definida, proporciones múltiples) las cuales determinan el comportamiento químico de la materia en cuanto a la masa de sustancias que intervienen en una reacción.

Enseñar a pensar mediante la Resolución de Problemas

Un problema se define como una situación que presenta una oportunidad para poner en juego los esquemas de conocimiento, que exige una solución que aun no se tiene y en la cual se deben hallar interrelaciones expresas y tácitas entre un grupo de factores o variables; búsqueda implica la reflexión cualitativa, el cuestionamiento de las propias ideas, la construcción de nuevas relaciones, esquemas y modelos mentales; en suma, la elaboración de nuevas explicaciones que constituyen la solución del problema (García 2000). Para que los estudiantes puedan aplicar las leyes cuantitativas de la química y puedan resolver problemas propios y cercanos a su vida cotidiana que impliquen cálculos matemáticos, deben establecer variedad de estrategias las cuales presenten un mayor o menor grado de complejidad dependiendo del dominio conceptual-metodológico por parte de ellos mismos, lo que le llevara al diseño de un orden dinámico y sucesivo de los pasos a seguir en la búsqueda de solución al problema.

García y Mora (1999) reconocen el concepto de “problema” y de su proceso de resolución en ciencias tanto en el aula (de papel y lápiz) como en los experimentales (trabajos de laboratorio) y en los basados en la observación directa (trabajos de campo) y todos ellos pueden unirse dentro de la denominación “resolución de problemas”. Polya (1945) introduce la frase “resolución de problemas” (problem solving) procedente del campo de la enseñanza de las matemáticas y en la actualidad es el fundamento del modelo didáctico denominado resolución de problemas.

Si bien todos los problemas y fenómenos presentes en la sociedad o en la naturaleza no pueden ser interpretados favorablemente a la luz de un solo saber específico, estos deben ser vistos y estudiados a partir de un grupo completo de saberes que orienten el diseño y posterior aplicación de propuestas novedosas de solución y concepción desde un campo de aplicación sujeto a un contexto propio del suceso. En la enseñanza de las ciencias de la naturaleza, bajo un modelo didáctico como el de resolución de problemas es de primera necesidad para el diseño de experiencias alternativas ganar claridad entre el concepto de ejercicio y el concepto de problema, siendo el primero de características algorítmicas, herméticas y de corta interpretación en contexto, mientras que el segundo se caracteriza por ser diverso, aplicado a un contexto y dinámico.

El Estudio Histórico-Epistemológico: una Dinámica de Interpretación Conceptual

Según Fourez (1998), la ciencia no presenta un único método que llegue a ser enteramente racional, lo que deja ver que la ciencia posee varios métodos los cuales dependiendo de uno a otro son aplicables en algunas situaciones. En explicación de las tareas científicas y el papel que representan en la vida individual y social, debe tenerse en cuenta que los progresos científicos están vinculados mas directa que indirectamente con una proyección humana. En tal sentido, la particularidad de la ciencia es ser una producción social, lo cual permite establecer en la misma un nivel de reflexión de carácter filosófico y ético.

Como lo evidencia Godoy (1998), ya la ciencia no puede definir su valor porque establezca las leyes eternas e inmutables que rigen el comportamiento de todos los

cuerpos y de una vez para siempre, sino que debe describir el complejo proceso por el cual emergen sistemas con cierta regularidad durante un tiempo determinado y en permanente interacción con otros sistemas que hacen parte del quehacer científico. Por tanto la ciencia está orientada en la actualidad hacia la propuesta de modelos teóricos con los cuales se puede llegar a la interacción de la realidad no solo para describirla, sino para explicarla y predecirla. Establecer modelos teóricos permite poseer una organización de nuestro mundo y evidenciar interacciones dentro de él, ya que los modelos científicos se pueden ver no como una representación del mundo, sino como una representación de nuestro campo de acción posible en el mundo (Fourez, 1998). Generalmente se tiende a considerar que la ciencia queda al margen de las ideologías y de las aplicaciones sociales que generan los nuevos conocimientos (Sanmarti y Tarín 1999).

En esta investigación el centro de análisis epistemológico para estructurar la unidad didáctica se basó en los trabajos de Anna Estany (1990) con el planteamiento de los Modelos de Dinámica Científica en el estudio progresivo de las Ciencias Naturales, su desarrollo histórico y sus cambios conceptuales. El estudio de cuantificación de reacciones no puede tener una influencia en el pensamiento de un individuo, si se desconoce el desarrollo y evolución histórica que éste ha tenido a través del tiempo; por esta razón fue indispensable realizar un recorrido por el desarrollo histórico de la química con respecto a la noción de interacciones de la cuantificación de relaciones desde el punto de vista biológico, químico y físico. Bajo este planteamiento epistemológico en la estructura para analizar el desarrollo histórico de los conceptos científicos, se encuentran las rupturas conceptuales, las etapas de transición entre teorías rivales y las fortalezas de las teorías que prevalecen. Son elementos de la tipología de un proceso complejo y dinámico en la evolución de la ciencia, que permiten observarla como un proceso continuo.

Este modelo nos aporta en el campo de la historia elementos clasificatorios para las teorías científicas, donde se propone la construcción de una tipología de modelos de cambio científico y la distinción entre los elementos que brinda la historia de la ciencia y su tratamiento como problemáticas distintas para la interacción de la misma en la construcción de conocimiento científico.

Hay dos cuestiones fundamentales que crean dificultades; una es la consideración de los modelos de cambio científico como modelos únicos; la otra, la falta de delimitación entre los diversos elementos implicados en un modelo de cambio científico. El enfoque de Anna Estany (1990) plantea que es imposible abordar el desarrollo de la ciencia con un solo modelo, y que hay varios elementos perfectamente delimitables implicados en el proceso de la ciencia. En el desarrollo de la ciencia pareciera ser mas importante conocer para donde va, que de dónde viene o cómo ha surgido. Aunque ambos postulados están ampliamente relacionados ya que uno es en principio la base del otro, en la práctica no suele presentarse de esta manera puesto que desde la concepción de una ciencia acabada se diseñan proyecciones científicas con carencias y falencias de análisis a recorridos históricos que permitan asegurar el éxito de dicha proyección.

Es a partir de este planteamiento que la epistemología y la historia de la ciencia toma como tarea proponer una argumentación válida al estudio del desarrollo de la ciencia, como lo explicita Mosterín (1990), la ciencia se presenta como una actividad polifacética y complejísima, que produce resultados de muy diverso tipo, entre los que se cuentan las teorías, redes conceptuales capaces de codificar abstractamente una inmensa cantidad de información. En cumplimiento de lo anterior surgió la necesidad

de presentar en el diseño de currículos en ciencias, bases epistemológicas para superar la debilidad de tener éstas poca prioridad para el profesorado.

Las Actitudes de los Estudiantes Frente a la Ciencia

El currículo de ciencias de la naturaleza diferencia tres tipos de contenidos: los conceptos, los procedimientos y las actitudes. De ellos es este último el que suele presentar más dificultades para el tratamiento en el campo escolar (Pedrinaci 1999). Las actitudes que posea el estudiante frente a la química presentan una clara relación con la motivación presente hacia el aprendizaje, bien sean éstas motivaciones intrínsecas donde el estudiante se ve motivado por gusto propio y por su curiosidad acerca de los diferentes fenómenos que se le presentan a diario, o también por motivaciones extrínsecas debidas a su interés por aprender para recibir valoraciones que le representarán un reconocimiento por parte del profesor y de sus compañeros. Sin embargo uno de los principales problemas en la enseñanza de las ciencias tiene que ver con que los estudiantes acusan falta de motivación intrínseca y extrínseca hacia las ciencias.

Ello puede superarse si la actividad de enseñanza pasa de ser una transcripción de contenidos a llegar a ser espacios que lleven a un aumento y mejoramiento del interés propio del estudiante para con el aprendizaje de la química. Es ahí cuando el acercamiento del estudiante a los problemas de la química logra tener significado por el paso de un aprendizaje repetitivo de contenidos, a su relación con estrategias que dan posibilidad de desarrollar conceptos al tiempo que permiten el desarrollo de habilidades de investigación científica y de conductas cognitivas (identificar, comparar, clasificar, resumir, representar, relacionar variables, elaborar conclusiones). En este nuevo contexto, el estudiante es protagonista en el aula de clase lo cual permite un aprendizaje de las ciencias entendido ahora como un proceso de construcción de conocimiento científico desde el ámbito escolar.

La imagen de la química que poseen los estudiantes es considerada por ellos como fundamental pero que no les va a servir más allá de un examen, evidenciándola como complicada y difícil (Ariza y Currea 2004); por ello es necesario en la planeación y ejecución de la unidad didáctica tener en cuenta el contenido actitudinal ya que éste guía los procesos perceptivos y cognitivos que conducen al aprendizaje significativo de los contenidos conceptuales y metodológicos.

Interacción de la ciencia y las Competencias en Ciencias Naturales

Es esencial considerar que para la organización de actividades de enseñanza en una unidad didáctica, las competencias científicas son un eje articulador de un conjunto de conocimientos, actitudes, disposiciones y habilidades (cognitivas, socioafectivas y comunicativas) relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores. La competencia implica *conocer, ser y saber hacer*, usar el conocimiento en la realización de acciones, desempeños o productos que le permitan al estudiante ver qué tan bien está comprendiendo lo que aprendió. Un aspecto importante es que el estudiante en un proceso de esta naturaleza va logrando con el tiempo mayores niveles de complejidad y especialización. Ello le permite desarrollar sus ideas, apropiarse de su contexto y tomar decisiones concientes frente a su actuación.

DISEÑO METODOLÓGICO

En el planteamiento metodológico propuesto para la presente investigación, se consideró necesario entender la metodología como el parámetro organizativo del proceso de investigación y a la vez el puente existente entre el marco teórico (estructurado para afirmar, situar y orientar la solución del problema planteado), el diseño y la aplicación de las unidades didácticas permitiendo finalmente confrontar las hipótesis con los resultados obtenidos dando explicaciones que conlleven a construir un aporte a la investigación en didáctica de las ciencias. De acuerdo con esta idea se consideró pertinente recurrir a la metodología de investigación propuesta integrada en investigación cualitativa y cuantitativa presentada por Flick (2004), considerando como eje orientador la evaluación continua del proceso de investigación.

La primera fase presentó los siguientes pasos: concepción de la idea de investigación, planteamiento del problema de investigación, elaboración del marco referencial, definición del tipo de investigación, establecimiento de las hipótesis, selección del diseño apropiado de investigación y selección de la muestra. Entre tanto, la segunda fase presentó los siguientes pasos: recolección de datos, análisis de datos y presentación de resultados.

La población que hizo parte de esta investigación correspondió a estudiantes de educación media en Bogotá D.C. La selección fue realizada de manera aleatoria sin considerar diferencias de género, ni edad, ni nivel socioeconómico y tampoco la naturaleza de la institución escolar. La unidad didáctica fue validada por estudiantes de Licenciatura en Química. Los instrumentos diseñados en el marco de la presente investigación tuvieron como objetivo diagnosticar al inicio de la unidad didáctica las concepciones iniciales acerca de la cuantificación de reacciones químicas. Al final de la misma se recogió la opinión de los estudiantes acerca del diseño y aplicación de la unidad didáctica.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Del instrumento diagnóstico de concepciones alternativas acerca de la concepción de cuantificación de reacciones químicas aplicado a los estudiantes de educación media, se encontró lo siguiente:

- El 7% presenta sus explicaciones a partir del mundo microscópico y hace uso de la cuantificación para argumentar sus explicaciones. De esta manera se evidencia que en el nivel de educación media los estudiantes tienen un bajo nivel explicativo a situaciones de reacciones químicas y no contemplan los argumentos presentados en la teoría de la discontinuidad de la materia ni en sus características cuantitativas para apoyar sus ideas.
- El 46% reconoce que en una reacción química debe existir una igualdad entre la cantidad de masa de los reactivos y la cantidad de masa de los productos.
- El 74% relaciona la reflexión presentada acerca del deterioro progresivo de la capa de ozono como eje de aplicación de interacciones en las Ciencias Naturales con la concepción de reactivo límite.
- El 18% considera que en una reacción química deben considerarse no solo los productos sino también los reactivos. Ello demuestra lo ya anteriormente

Anexo 3. Presentación de algunos aportes a la investigación didáctica elaborados por los profesores universitarios de química intervenidos

mencionado acerca de las dificultades que presentan los estudiantes para interpretar una ecuación química.

- El 50% reconoce que la materia no se crea ni se destruye y que solo se transforma.
- Tan solo el 4% conoce y aplica cálculos mol-masa y hace una relación de la conservación de la materia y la cuantificación de reacciones químicas.
- El 60% elabora dibujos para explicar el fenómeno de la combustión teniendo en cuenta el nivel microscópico representando transformaciones en las moléculas.

Finalmente el análisis de los resultados del instrumento diagnóstico de concepciones alternativas acerca de la concepción de cuantificación de reacciones químicas, permite afirmar en general la existencia de un aceptable manejo conceptual de los estudiantes para con el concepto estructurante de la ley de la conservación de la materia desde una perspectiva macroscópica, no sucediendo lo mismo con una perspectiva microscópica lo que demuestra la dificultad en la comprensión del concepto estructurante de discontinuidad de la materia.

Después de ser aplicada la unidad didáctica se obtuvieron los siguientes resultados:

- El 92% consideró que el conocimiento que construyeron acerca de la cuantificación de reacciones químicas les permitió interpretar eventos que ocurren en el entorno. Se considera que lo anterior se debió a la destacable relevancia de los problemas-guía y cercanía en la vida cotidiana a los conocimientos abordados.
- El 73% sintió estar mejor motivados para construir su propio conocimiento acerca de la cuantificación de reacciones químicas.
- El 80% encontró coherencia entre la secuencia de contenidos y las actividades desarrolladas. El estudiante percibe (y en muchos casos asume el interés) si su proceso de enseñanza-aprendizaje cuenta con una previa planificación.
- El 94% reconoce que el grado de pureza de una sustancia está relacionado con su representación molecular. Ello evidencia el desarrollo conceptual que tuvieron los estudiantes frente al concepto de pureza en el marco de la noción de cuantificación de reacciones químicas y de concepciones atómicas y moleculares de la materia.
- El 59% reconoce que algunas sustancias tienen los mismos elementos pero no son lo mismo, dando opciones a comprender significativamente los conceptos de proporción múltiple y de composición definida.
- El 59% considera que varias sustancias pueden estar compuestas por los mismos elementos aunque ello no implica que posean idéntico comportamiento físico y químico. Ello es indicio de la nueva visión de los estudiantes frente a la noción de la ley de proporciones múltiples.
- El 66% conoce y aplica los cálculos: mol-mol, masa-mol y masa-masa estableciendo relaciones apropiadas entre la conservación de la materia y la cuantificación de reacciones químicas.

- El 55% relaciona la cosmovisión científica de interacción en un contexto donde se presenta una situación problemática de interés que requiere para su solución el uso de cálculos masa-masa. En estos términos se evidencia un cambio procedimental frente a la noción cálculo químico y cálculo físico.

Finalmente los resultados que presenta el instrumento final para la identificación de los aprendizajes de los estudiantes intervenidos en cuanto a la concepción de cuantificación de reacciones químicas, revela que el proceso de enseñanza-aprendizaje favoreció en ellos cambios de tipo conceptual, procedimental y actitudinal, lo que lleva a afirmar que luego de la aplicación de la unidad didáctica los estudiantes habían construido una nueva forma de pensar, sentir y actuar en un contexto propio.

CONCLUSIONES

El diseño y aplicación de la unidad didáctica permitió reconocer la importancia que tiene el análisis epistemológico de los modelos científicos desde Anna Estanly (1990) y el carácter social de la ciencia desde Fourez (1998) al involucrar la historia de la química en la organización del contenido conceptual, metodológico y actitudinal en la enseñanza y aprendizaje de cuantificación de reacciones químicas. Centrándonos en la investigación de la interpretación de las diferentes posturas presentes en la historia de la química que permitieron el desarrollo de la cuantificación de reacciones químicas y su contraste con nociones contemporáneas, ello favoreció la dinámica de las clases ya que los estudiantes se orientaron hacia actitudes críticas y analíticas de los fenómenos de la ciencia para evidenciar el conocimiento de estudio en el aula a nivel social así como en el desarrollo cognitivo de la misma. De esta manera se evidenció la valoración y el reconocimiento por parte de los estudiantes en la importancia de resolver problemas en ciencias de la naturaleza presentes en la vida diaria como posibilidad para un aprendizaje más efectivo de las ciencias y para favorecer el desarrollo de competencias científicas.

Esta unidad didáctica propone herramientas que favorecen el análisis de la cosmovisión científica de interacción partiendo de la comprensión del entorno del estudiante y sus relaciones continuas de saberes en un mismo contexto. Favoreció en estudiantes de educación media el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia que les permitieron construir competencias en ciencias naturales. Permitted interpretar bajo una noción contemporánea de dinámica científica la solución de problemas presentes en nuestra sociedad, evidenciándose las diversas aplicaciones de la cuantificación de reacciones químicas que hoy en día favorecen el desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad.

Esta investigación favoreció en estudiantes de educación media, el aprendizaje significativo de la concepción científica de cuantificación de reacciones químicas mediante el empleo de cálculos físicos y cálculos químicos, conduciendo a cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal.

Los estudiantes tuvieron la oportunidad de familiarizarse con la metodología científica desde una perspectiva contemporánea, desarrollando pequeños proyectos de investigación centrados en estudios de hechos habituales de su entorno y desde la perspectiva de los cambios químicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIZA, A. L., CURREA, R. M. (2004) *Una Visión de los Contenidos Actitudinales en el Marco de la Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Estudiantes de Educación Media*. Trabajo de grado. Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
- CUBERO, R. (1993) *Cómo trabajar con las ideas de los estudiantes*. Diada Editores. Sevilla.
- ESTANY, A. (1990) *Modelos de cambio científico*. Editorial Crítica. Barcelona..
- FERNÁNDEZ, G. J., ELORTEGUI, E. N., MORENO, J. T., RODRÍGUEZ, G. J. *Cómo hacer unidades didácticas innovadoras*. Diada Editores. Sevilla.
- FLICK, U. (2004) *Introducción a la Investigación Cualitativa*. Ediciones Morata. Madrid.
- FOUREZ, G. (1998) *La construcción de conocimiento científico*. Narcea S.A de ediciones. Madrid.
- GARCÍA, G. J. (2000) La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. *La Gaceta Didáctica*. Universidad De Antioquia. Medellín.
- GARCÍA, M. Á., MORA, P. W. (1999) Pensamiento y acciones de los Profesores de Química en la Resolución de Problemas Experimentales. *Revista Científica*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
- Gil, D. (1986) La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121.
- GODOY, S. R. (1998) *Epistemología de las Ciencias Naturales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá.
- MOSTERÍN, J. (1984) *Conceptos y teorías en la ciencia*. Alianza Editorial. Madrid.
- PEDRINACI, E. (1999) Las actitudes en el aula de ciencias. *Alambique*, 22.
- POLYA, G. (1945) *How to solve it*. Princeton University Press. New York.
- POZO, J. I. (1999) Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: del Cambio Conceptual a la Integración Jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.
- SANMARTI, N., TARIN, R. (1999) Las actitudes en el aula de Ciencias/Valores y actitudes: ¿Se puede aprender ciencias sin ellas? *Alambique*, 22.