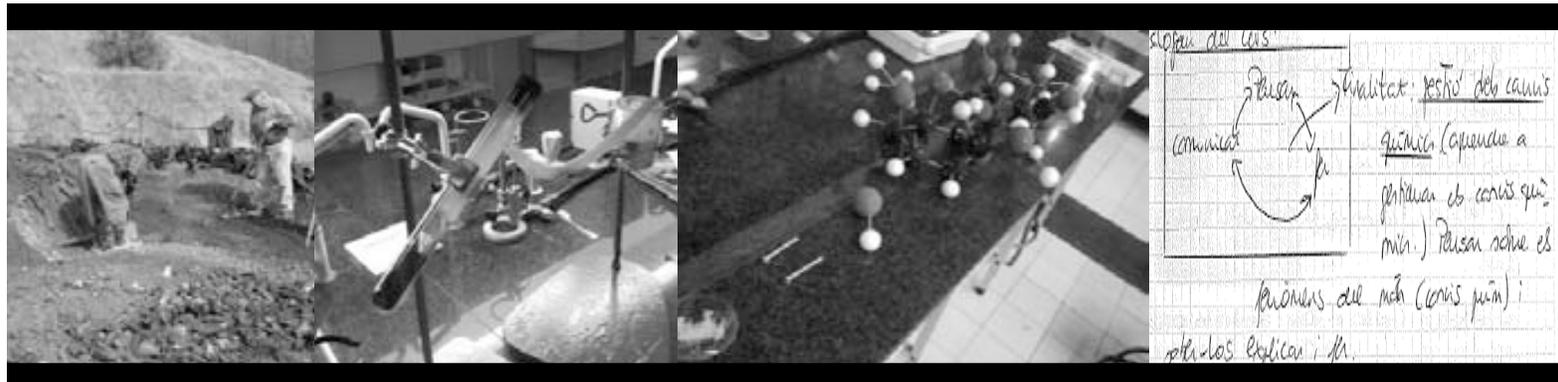


UAB

Universitat Autònoma de Barcelona



Tesis Doctoral

Aportes a la caracterización del 'Modelo Cambio Químico Escolar'

Cristian Merino Rubilar

Directora: Mercè Izquierdo i Aymerich

Departament de Didàctica de la Matemàtica
i de les Ciències Experimentals

Bellaterra, Septiembre de 2009

***Aportes a la Caracterización del Modelo
Cambio Químico Escolar***

Trabajo de investigación realizado por
CRISTIAN GONZALO MERINO RUBILAR

Bajo la dirección de
Dra. MERCÈ IZQUIERDO i AYMERICH

Para optar al título de Doctor, que ofrece el Departament de Didàctica de la
Matemàtica i de les Ciències Experimentals

Facultat de Ciències de l'Educació



Universitat Autònoma de Barcelona

Bellaterra, septiembre de 2009

Autoría de las imágenes de portada



Carboneros de Aguayo. Fotografía del autor



Montaje de la experiencia de laboratorio. Fotografía del autor



Maqueta elaborada por uno alumno. Fotografía del autor



Esquema. Apuntes de una alumna. Fotografía del autor

La formación del autor de la presente tesis para optar al título de Doctor ha contado con el soporte económico de las siguientes ayudas personales al investigador:



- Beca para Estudios de Postgrado en el Extranjero. *Presidente de la República*. Ministerio de Planificación y Desarrollo (MIDEPLAN). Durante el curso octubre 2004 a octubre 2007. Ministerio de Educación - Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Gobierno de Chile. Referencia 14.191.625-4



- Beca de estudios de apoyo y patrocinio de la Unidad de Perfeccionamiento Docente de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, durante el periodo 2004-2007. Referencia 14.191.625-4



- Beca del Programa de Personal Investigador en Formación (PIF) para Departamentos de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Autónoma de Barcelona, entre octubre de 2007 a octubre de 2009. Referencia 423-02-1/07.

AGRADECIMIENTOS

Al escribir esta tesis he tenido el gozo de contar con el consejo y el apoyo de muchas personas, empezando por mi directora, Mercè Izquierdo Aymerich. Me he beneficiado muchísimo del saber de muchos lectores que han repasado el manuscrito y de expertos que me han dado su opinión sobre los temas de su especialidad: Agustín Adúriz-Bravo, Josep Bonil, Aureli Caamaño, Marina Castells, Digna Couso, Mariona Espinet, Adrianna Gómez, Rufina Gutiérrez, Onno de Jong, Rut Jiménez, Conxita Márquez, Nuria Planas, Mario Quintanilla, Neus Sanmartí, Kenneth Tobin. Gracias, también a quienes me han respondido a mis preguntas o me han hecho algún tipo de sugerencia: Carlos Agudelo, Marcela Arellano, Edelmira Badillo, Beatriz Cantero, David Carrillo, José Luis Costa, Benjamín Daza, Josep Lluís Estanya, Joan Franch, Montserrat García, Humberto Gómez, Begoña Islas, Roxana Jara, Aikaterine Kostantinopolus, Anna Marbà, Ainoa Marzábal, Josep Masalles, Natasha Mayerhofer, Enric Pérez, Carolina Pipitone, Lizette Ramos, Manuel Rodríguez, Francisco Rojas, Marcel·la Saez, Horacio Solar, Nuria Solsona, Josep M^a Tatje, Patricia Toro, Montserrat Tortosa, David Vilalta, Marcos Zagal y José Omar Zúñiga.

Gracias también a mis padres, Jaime⁽⁺⁾ y Nina, y a mis hermanos Marcelo y Lorena.

Este trabajo fue apoyado desde el comienzo hasta el final por el aliento personal y por los recursos aportados por el Ministerio de Planificación y Desarrollo del Gobierno de Chile (MIDEPLAN) a través de su programa de Becas para estudios de Postgrado en el Extranjero (actualmente gestionada por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, dependiente del Ministerio de Educación), entre octubre del 2004 a octubre del 2007. Para su continuidad recibió el apoyo del Programa de Personal Investigador en Formación (PIF) para Departamentos de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Autónoma de Barcelona, entre octubre de 2007 a octubre de 2009. Asimismo agradezco el patrocinio, colaboración y apoyo de la Unidad de Perfeccionamiento Docente de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, durante el periodo 2004-2007. Estoy sinceramente agradecido por estos apoyos, ya que ellos me han permitido escribir sobre este tema.

Tampoco puedo dejar mencionar que este trabajo se ha beneficiado de los debates que han surgido de diversas propuestas: el Seminario de investigación sobre la enseñanza de la química “Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar”, organizado por el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales de la UAB y el Colegio de Doctores y Licenciados de Catalunya; los Encuentros de Estudiantes de Máster y Doctorado en Didáctica de las Matemática y Ciencias Experimentales UB-UAB; el Taller de Química en el Programa ITACA ‘*no ens deixem enganyar per els aspecte dels materials*’; ‘*El modelo de partes*’ y los dibujos de los niños de las CEIP Coves d’en Cimany y CEIP Dovella Mallorca; mis alumnas de practicum III-IV y las maestras de la Escola Sant Felip Neri; los *Seminaris de Formació per a l’Ensenyament de les Ciències* (SfeC) organizados por el *Centro de Documentación y Experimentación en Ciencia y Tecnología* (CDECT); y finalmente y más importantes las maestras y maestros en formación que participaron en el estudio: Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta.

Con esto cierro mis agradecimientos, con la esperanza de no olvidar a nadie. Finalmente, si la tesis de este ensayo es correcta, el texto hablará por sí mismo, aún cuando lo haga de manera un poco diferente a cada lector. Ninguna palabra preliminar compensará lo que este texto, por su parte, diga o deje de decir. Los invito a una lectura compartida.

Fe de erratas

Aportes a la Caracterización del Modelo Cambio Químico Escolar

Cristian Merino Rubilar

Dice	Debiera decir
En el capítulo 2, página 55 la cita con nota al pie número 86 dice: Espinet, M., Izquierdo M., Bonil, J., Ramos L., y Merino (en prensa) The role of language in modeling the natural world: perspectives in science education.	En el apartado de la bibliografía debiera de incluirse y decir: Espinete, M., Izquierdo M., Bonil, J., Ramos L., y Merino, C. (2010) The role of language in modeling the natural world: perspectives in science education. En Fraser, Tobin y McRobbie (Eds.) <i>Second International Handbook of Science Education</i> . New York: Springer.
En el capítulo 2, página 69 las citas Becú-Robinault, 1997; Leach, 1998 no aparecen en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Bécu-Robinault, K. (1997). Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels: introduction expérimentale du concept de puissance. <i>Didaskalia</i> , 11, 7-37. Leach, J. (1998). The use of secondary data in teaching about data analysis in a first year undergraduate biochemistry course. En J. Leach, J. Lewis & J. Ryder (Eds.) <i>Learning about the actual practice of science: three case studies of undergraduate labwork from the UK</i> (pp. 9-60). Leeds: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Sander, F. Niedderer, H. y Schecker, H. (1998). Learning processes in computerbased physics labwork in a course on Newtonian mechanics. En D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), <i>Working paper 7. Case studies of labwork in five European countries</i> . European Project: Labwork in Science Education (Contract No. ERB-SOE2-CT-95-2001)
En el capítulo 3, la página 86, la cita Wittrock (1986) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Wittrock, C. (ed.) (1986). <i>Handbook of research on teaching</i> . 3rd edition. New York: Macmillan Publishing Co.
En el capítulo 3, la página 86, la cita Guba(1993) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Guba, E., y Lincoln, Y. (1994). Competing paradigms in qualitative reseach. En Denzin y Lincoln (eds) <i>Handbook of Qualitative Resarch</i> (pp. 105-117) London: Sage.
En el capítulo 3, página 89 la cita con nota al pie número 18 no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Sabariego, M. y Bisquera, R. (2004) Procesos de investigación. Capítulo 3. En Bisquera (coord) <i>Metodología de la investigación educativa</i> . 89-125. Madrid: Muralla.
En el capítulo 3, la página 95, la cita Pope(1982) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Pope, M. (1982). Personal construction of formal knowledge. <i>Interchange</i> , 13 (4), 3-15.

Dice	Debería decir
En el capítulo 3, la página 96, la cita Harre (1972) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Harre, R. (1972). <i>The philosophies of science</i> . Oxford: OUP.
En el capítulo 3, la página 96, la cita Hierrezuelo y Montero (1988) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Hierrezuelo, J. y Moreno, A. (1988). <i>La Ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y la química</i> . Barcelona: Laia.
En el capítulo 3, la página 97, la nota al pie número 25 no aparece en el apartado de bibliografía.	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (eds) (1985). <i>Children's ideas in science</i> . Milton Keynes: Open University.
En el capítulo 3, la página 98, la cita Schollum (1982) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Schollum, B (1982). <i>Reactions: working paper no 27</i> . LISP, New Zealand: University of Waikato.
En el capítulo 3, la página 98, la cita Schollum, Osborne y Lambert, (1981) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Schollum, B., Osborne, R., y Lambert, J. (1981). <i>Heating and cooling: Working paper no 38</i> . LISP, New Zealand: University of Waikato.
En el capítulo 3, la página 99, la cita Donnelly y Welford, (1988) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Donnelly, J. y Welford, A. (1988). <i>Children's performance in chemistry</i> . <i>Education in Chemistry</i> , 25 (1), 7-10.
En el capítulo 3, la página 100, la cita Schank (1982) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Schank, R. (1982). <i>Dynamic memory</i> . Cambridge: CUP.
En el capítulo 3, la página 105, la nota al pie número 26 no aparece en el apartado de bibliografía.	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Pérez-Serrano, G. (1994). <i>Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. I. Métodos</i> . Madrid: La Muralla.
En el capítulo 3, en la página 133, la cita Bardin (2002) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Bardin, 2002, citado Flick, 2004.
En el capítulo 3, la página 113, la nota al pie de número 32 no aparece en el apartado de bibliografía.	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: Coffey, A. y Atkinson, P. (1996). <i>Making sense of qualitative data: complementary research strategies</i> . London: Sage Publications Inc.
En el capítulo 3, la página 116, la nota al pie de número 34 no aparece en el apartado de bibliografía.	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir: De Jong, O. (2007). <i>Teaching practice and research in chemistry education: living apart or together?</i> . En Izquierdo, Caamaño y Quintanilla (Ed.) <i>Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar</i> . Barcelona: Servei de Publicacions, UAB.

Dice	Debiera decir
En el capítulo 3, la página 116, la nota al pie número 35 no aparece en el apartado de bibliografía.	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Sánchez, E., García, J. R., Rosales, J., de Sixte, R., Castellano, N. (2008) Elementos para analizar la interacción entre estudiantes y profesores: ¿qué ocurre cuando se consideran diferentes dimensiones y diferentes unidades de análisis? <i>Revista de Educación</i> , 346, 105-136.
En el capítulo 5, en la página 172, la nota al pie número 2 no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Brigg, H. y B. Holding (1986). Aspect of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry: <i>Full Report, Children's Learning in Science Project Leeds</i> , p.64. University of Leeds.
En el capítulo 5, en la página 172, la nota al pie número 3 no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Shollum, B (1981). <i>Chemical Change: A working paper of the learning in Science Project</i> . (p. 20). Núm. 27, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.
En el capítulo 5, en la página 172, la nota al pie número 4 no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Ahtee, M. e I. Varjola (1998). "Students' Understanding of Chemical Reaction", <i>International Journal of Science Education</i> , 20 (3), pp. 305-316.
En el capítulo 5, en la página 173 la cita a Gensler (1970) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Gensler, W. (1970). "Physical versus chemical change". <i>Journal of Chemical Education</i> , 47 (2), 154-155.
En el capítulo 5, en la página 174, la nota al pie número 6 no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Happs, J. (1980). <i>Particles: A working paper of the learning in science project</i> , Núm. 18, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.
En el capítulo 5, en la página 172, la nota al pie número 7 no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Cosgrove, M. y Osborne R. (1981). <i>Physical change: A working paper of the learning in Science Project</i> , Núm 26, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.
En el capítulo 5, en la página 176 la cita a Book, Brigg y Driver (1984), Baker (1995), Watson, Prieto y Dillon (1997), Barker y Millar (1999, citado en Kind, 2004) no aparece en el apartado de bibliografía	En el apartado de bibliografía por orden alfabético debiera incluirse y decir: Baker, V. (2002). <i>Building success in GCSE Science: Chemistry</i> , Folens Publisher, Dunstable. Book, A., Briggs, H. y Driver, R. (1984). <i>Aspects of Secondary Students' Understanding of Particulate Nature of Matter, Children's Learning in Science Project Leeds</i> , University of Leeds. Prieto, T., Watson, R. y Dillon, J. (1992). Students' understanding of combustion. <i>Research in Science Education</i> , 22, 331-340.

<i>Dice</i>	<i>Debería decir</i>
En el capítulo 5, en la página 178 las citas a Watson et al (1997) y Boujaoude (1991) no aparece en el apartado de la bibliografía	<p>En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir:</p> <p>Boujaoude, S. (1991). A study of the nature of student' Understandings about the Concept of Burning. <i>Journal of Research in Science Teaching</i>, 28 (8) 689-704.</p> <p>Watson, R., Prieto, T. y Dillon, J. (1997). Consistency of Students' Explanation about Combustion. <i>Science Education</i>, 81, 425-444.</p>
En el capítulo 5, en la página 180 las citas a Cros et al (1986, 1988), Ross y Murby (1991) y Nakhleh 1992) no aparece en el apartado de la bibliografía	<p>En el apartado de bibliografía por orden alfabético debería incluirse y decir:</p> <p>Cros, D., Chatrette, M. y Fayol, M. (1988) Conception of Second year University Students of Some Fundamental Notion in Chemistry, <i>International Journal of Science Education</i>, 8(3), 305-313.</p> <p>Cros, D., Maurin, R., Amorouroux, M., Chastrette, J., Leber, J., Fayol, M (1986). Conception of First-year University Students of the Constituents of Matter and Notion of Acids and Bases. <i>European Journal of Science Education</i>, 8 (3), 305-313.</p> <p>Ross, B. y Munby, H. (1991) Concept Mapping and Misconceptions: A study of High School Students' Understanding of Acid and Bases. <i>International Journal of Science Education</i>. 13(1), 11-23.</p> <p>Nakleh, M (1992). Why some Student don't Learn Chemistry. <i>Journal of Chemical Education</i>, 69 (3), 191-196.</p>
En el capítulo 3, en la página 124 se mencionan decisiones metodológicas consignadas con la letra (g) que hace referencia al foco II y letra (p) que hace referencia al foco III, aparecen en el texto.	Las referencias consignadas con las letras (g) y (p) deberían de estar suprimidos ya que dichos apartados de análisis se retiraron de la versión final del capítulo 6.

Tabla de Contenido

PRÓLOGO	ix
INTRODUCCIÓN	21
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	27
1.1 Antecedentes del problema de investigación	27
1.2 Formulación del problema	30
1.3 Objetivos	31
1.4 Organización de esta memoria	31
2. MARCO TEÓRICO	33
2.1 QUÍMICA: CÓMO ES, CÓMO ENSEÑA Y LAS IDEAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE QUÍMICA	33
2.1.1 Las dificultades en el estudio de tópicos de química	36
2.1.2 El cómo aprenden química los estudiantes	41
2.1.3 Las ideas de los estudiantes sobre el cambio químico	43
2.1.4 El campo conceptual asociado al cambio químico	48
2.1.5 La química y la actividad experimental	50
2.1.6 Nuevas propuestas curriculares	51
2.1.7 Síntesis de este bloque	54
2.2 MODELOS, LENGUAJE Y MODELIZACIÓN	55
2.2.1 Hacia una modelización química del mundo natural	55
2.2.2 La visión de modelos y modelización	56
2.2.3 Una visión desde el lenguaje	58
2.2.4 Perspectivas en la investigación sobre los modelos, la modelización y el lenguaje en la enseñanza de las ciencias	60
2.2.5 Modelos teóricos y lenguaje en la enseñanza de las ciencias	64
2.2.6 La modelización desde el punto de vista empirista de la ciencia	65
2.2.7 La modelización desde el punto de vista cognitivo de la ciencia	66
2.2.8 La modelización y el lenguaje desde la lingüística	66
2.2.9 Las situaciones de enseñanza basadas en un enfoque de modelización	67
2.2.10 Síntesis de este bloque	69
2.3 ACTIVIDAD QUÍMICA ESCOLAR: UNA PROPUESTA	70
2.3.1 ¿Una 'nueva programación para el proceso de modelización del cambio químico?	71
2.3.2 Química paso a paso: contextualizar y modelizar el cambio químico	74
2.3.3 Una manera de mirar, las actuaciones, en una programación basada en modelización	75
2.3.4 Lenguaje-Experiencia-Modelo (LEM) una perspectiva cognitiva para mirar el cambio químico	76
2.3.5 Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es especificar los dominios de la realidad	82
2.3.6 Síntesis de este bloque	83

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	85
3.1 INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. NUESTRO PUNTO DE PARTIDA	85
3.2 EL CAMBIO QUÍMICO EN TEXTOS Y EN PROPUETAS	89
3.2.1 Origen	89
3.2.2 La muestra	90
3.2.3 Análisis de los datos	94
3.3 EL CAMBIO QUIMICO EN LAS IDEAS PREVIAS	95
3.3.1 Foco semántico	95
3.3.1.1 Origen	96
3.3.1.2 La muestra	96
3.3.2 Análisis de los datos	102
3.3.3 Foco retórico	103
3.3.3.1 Origen	103
3.3.3.2 La muestra	103
3.3.4 Análisis de los datos	104
3.4 EL CAMBIO QUÍMICO EN NUESTRA PROPUESTA	105
3.4.1 ¿Qué quiere decir estudio de casos?	105
3.4.2 Contexto de la investigación	106
3.4.3 La muestra. Los participantes	107
3.4.3.1 La profesora y el equipo docente	108
3.4.3.2 El investigador	109
3.4.4 La asignatura-proyecto, el enfoque paso a paso	109
3.4.5 Descripción del proceso desarrollado	111
3.4.6 Colección de datos e instrumentos	112
3.4.7 Análisis de los datos	113
3.4.8 Focos y unidades de análisis	116
3.4.9 Valides y fiabilidad	125
3.5 Resumen de esta sección	125
4. LAS MANERAS DE MIRAR EL CAMBIO QUÍMICO EN LOS TEXTOS Y PROYECTOS DE QUÍMICA	127
4.1 EL CAMBIO QUIMICO EN LOS LIBROS DE TEXTO	127
4.1.1 Fase I de exploración y ajuste de la red	127
4.1.2 Fase II de tratamiento de los datos en los libros	130
4.1.3 Fase III de resultados sobre los libros	147
4.2 EL CAMBIO QUÍMICO EN LOS PROYECTOS	154
4.2.1 Fase II de tratamiento de los proyectos	154
4.2.2 Fase III de resultados de los proyectos	164
5. LAS MANERAS DE MIRAR EL CAMBIO QUÍMICO DE LOS APRENDICES.	171
5.1 FOCO SEMÁNTICO	171
5.1.1 Resultados	182
5.1.2 Síntesis de esta sección	186
5.2 FOCO RETÓRICO	188
5.2.1 Resultados	178
5.2.2 Síntesis de esta sección	190
5.3 SINTESIS DE LAS MANERAS DE MIRAR DE LOS ESTUDIANTES	190

6. EL CAMBIO QUIMICO EN NUESTRA PROPUESTA	195
6.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD DOCENTE	195
6.2 IDENTIFICACIÓN DE LA PRIMERA UNIDAD	198
6.2.1 El contexto: la carbonera	198
6.2.2 Desarrollo de las sesiones y estructura del proceso de modelización	200
6.3 FOCOI: LAS MAQUETAS	208
6.3.1 Realización de las transcripciones	208
6.3.2 ¿Qué nos dicen los grupos sobre las maquetas?	210
6.3.3 Síntesis teórico-explicativa del foco I	247
6.4 FOCO II: LAS NARRACIONES	248
6.4.1 ¿Qué nos dicen las narrativas?	249
6.4.2 Síntesis teórico-explicativa del foco II	273
6.5 FOCO III: EL PORTAFOLIO	274
6.5.1 Síntesis teórico-explicativa del foco III	281
7. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	283
8. BIBLIOGRAFIA	280

Índice de los anexos

En el CD adjunto a esta tesis se pueden encontrar los siguientes archivos

Anexo I	Unidades de libros de textos revisados
Anexo II	Unidades de los proyectos revisados
Anexo III	Inventario de ideas de los estudiantes sobre química
Anexo IV	Viñetas de la sesión referida a las maquetas
Anexo V	Materiales de los estudiantes como caso (portafolio)
Anexo VI	Química paso a paso / actividades / Tema 1
Anexo VII	Manual de instrucciones para los jueces. Validar LER.

INTRODUCCIÓN

Enseñar y aprender química conlleva hablar su lenguaje de formulas y símbolos (inscripciones), dominar sus instrumentos y emocionarse con su mística. Los avances en las investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias (Abell y Lederman, 2007; Fraser y Tobin, 2003)¹ de la química (Gilbert, de Jong, Justi y Van Driel, 2002)², nos invitan a replantearnos nuestra actividad docente en: a) las maneras de diseñar, instruir y evaluar; b) tener presente la promoción de habilidades cognitivo-lingüísticas; c) contemplar la inclusión de la filosofía, la epistemología y la historia de la disciplina; d) la inclusión de las TIC; e) igualmente se considera importante que los estudiantes sean capaces de argumentar y comunicar eficazmente sus conocimientos a audiencias concretas, que puedan tener opiniones fundamentadas y participar en los temas que se discuten en la sociedad. Es decir, una interminable lista de aspectos a valorar, provenientes de una sociedad demandante y cambiante, que desea saber, comprender e intervenir el mundo. Pero intervenir, no de un modo inductivo o deductivo, sino modelizador.

A partir de aquí nos habíamos preguntado inicialmente: ¿Cómo enseñar una química que permita promover el enorme poder analítico, creativo, transformador e imaginario del pensamiento químico en la escuela? Ciertamente se ha avanzado en una infinidad de propuestas curriculares para innovar en este campo como los proyectos estadounidenses Quím-Com (Química en la Comunidad) y Chemistry in context, o el proyecto inglés Salters Advanced Chemistry (Pilling y Waddington 2005)³ o las propuestas descritas por Caamaño (2001a; 2001b, 2006⁴); Breslow y Gárritz (2002)⁵;

¹ Abell, K., y Lederman, N. (Eds.). (2007). Handbook of research on science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Fraser, y Tobin, K. (2003). International handbook of research in science education (2º ed.) Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

² Gilbert, J., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D., y Van Driel, J. (Eds.). (2002). Chemical Education: Towards Research-based Practice. Dordrecht/Boston: Kluwer Academic Publishers

³ Pilling, G. y Waddington, D. (2005). Implementation of largen-scale science curricula: A study in Seven European Countries. *Journal of Science Education and Technology*, 14(4), 393-407.

⁴ Caamaño, A. (2001a). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España, *Educación Química*, 12(1), 7-17.

Caamaño, A. (2001b). Representar el currículo de química en los inicios del siglo XXI, *Alambique*, 29, 43-52.

Caamaño, A. (2006). Proyectos de ciencias entre la necesidad y el olvido. *Alambique*, 48, 10-24.

Caamaño e Izquierdo (2003)⁶, por mencionar algunos ejemplos, tanto en la educación secundaria obligatoria como en el bachillerato. No obstante, aún nos queda por continuar trabajando, sobre todo con especial atención a los niveles de educación primaria y universitaria.

Esta tesis intenta aportar nuevos datos sobre el proceso de modelización -centrado en la actividad química escolar (modeling-based in chemistry school activity). Para aproximarnos a esta cuestión, hemos diseñado una programación (Química paso a paso), que se caracteriza por estar soportada en una visión de Modelo Teórico cuyos orígenes provienen de la filosofía y epistemología de la disciplina. El estudio corresponde a una investigación cualitativa, ubicada en una visión interpretativa, ilustrada a través del estudio de seis casos. La programación Química paso a paso, se justificó en parte mediante: a) la revisión de libros de textos y propuestas de innovación; b) la reinterpretación a trabajos anteriores entorno a las concepciones sobre química; todo esto aportó el diseño de actividades científico-escolares para enseñar el Cambio Químico. De este ejercicio teórico emergieron siete temáticas, desarrolladas en unidades didácticas. Se llevaron al aula y se trabajaron coincidentemente con maestros de educación primaria e infantil en formación inicial (de entre 18-35 años). Este documento da cuenta de los eventos que acontecieron alrededor de la primera temática, que estudia el fenómeno de la combustión y descomposición por el calor de sustancias orgánicas e inorgánicas, con ello la transformación de los materiales. Los casos Lorena, Juan y Tomás nos dan cuenta de sus experiencias en el curso académico 2006-07 y Paloma, María y Marta del curso 2007-08.

Así pues, analizaremos y reconstruiremos sus actuaciones sobre el cambio químico que se presentarán a través de sus producciones orales y escritas; son producto de esta 'nueva' programación química, centrando en lo que ha venido llamándose Modelo Cambio Químico (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005a)⁷. En este espacio Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta, nos darán cuenta de las transformaciones de los materiales, centrados en el cómo la 'carbonera' y otros fenómenos asociados (lana de hierro, vela,...) se convierten 'paso a paso' en ejemplos del Modelo Cambio Químico. Con ello queremos dar cuenta y describir la naturaleza de este particular proceso de modelización del cambio químico.

Aquí comienza a gestarse nuestro problema de estudio. ¿Cómo identificar la transición de las ideas de estos maestros como resultado del proceso de modelización, entendida como «actividad sistémica de transformación del mundo cuando se piensa, se habla y se actúa científicamente sobre el mismo», a partir del estudio del proceso que se va a identificar? Creemos que caracterizar el proceso de modelización química presupone

⁵ Breslow, R. y Gárritz, A. (2002). Context-based approaches to the teaching of chemistry: what are they and what are their effects? En Gilbert, et al (ed.) Chemical education: Towards research-based practice. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

⁶ Caamaño, A. y Izquierdo, M. (2003) El currículo de química del bachillerato en Catalunya: todavía muy lejos de una química contextualizada, *Alambique*, 36, 60-67.

⁷ Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de Química. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Septiembre, Granada.

un proceso equilibrado entre el lenguaje empleado, las ‘preguntas’ como artilugio mediador y el experimento como componente práctico de los conceptos químicos. He aquí lo que podemos aportar de nuevo: transiciones entre los objetos del mundo real y el re-elaborado por el conocimiento químico.

Nos hemos basamos en una visión particular, proveniente de los escritos de Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999)⁸ e Izquierdo, Espinet, García y Pujol (1999)⁹ y en trabajos anteriores, sobre modelización química escolar (Izquierdo, 2004)¹⁰, donde se reivindica el estudio de los fenómenos desde una perspectiva disciplinar. De esta noción, complementada en otros referentes que se presentan en el marco teórico, emergen nuestras dimensiones a priori para mirar en el aula los discursos orales y escritos de los casos seleccionados. Así, en relación al Modelo Cambio Químico, desde un comienzo trabajamos con la suposición de que en el proceso de enseñanza la experimentación debería diseñarse como parte de un proceso de modelización, superando así los enfoques ‘deductivos’ o ‘inductivos’ que son frecuentes en la enseñanza de las ciencias. Así pues, queremos potenciar la ‘abducción’ a partir de la vivencia de lo que es ‘ser químico’.

Es necesaria una manera de pensar, actuar y comunicar para producir ciencia y tecnología en la escuela, que requiere del proceso de modelización científica escolar (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003)¹¹, con sus propias reglas para ‘en-culturar’ las ciencias en el aula. Trabajar así permitiría articular dos polos, uno individual y otro colectivo, en el análisis de la transición entre las dimensiones lenguaje, experimento y representación en el aula. La propuesta didáctica ‘química paso a paso’ (Qp₂) pretendió que los participantes construyesen, a través de las actividades, una visión sistémica de Cambio Químico transferible a cualquier contexto y fenómeno. En nuestro trabajo los casos (Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta) se enfrentan a un nuevo enfoque para comprender la química centrada en el estudio de fenómenos, habrán de pensar, actuar y comunicar aquellos ‘criterios químicos’ con los cuales volver a ‘mirar’ el mundo y re-construirlo, ahora desde la perspectiva del ‘Cambio Químico’ cuyo estudio y problemática ha nutrido a la disciplina que llamamos química.

Los maestros mostraron durante todo el proceso de enseñanza concepciones que no fueron reemplazadas u sustituidas por otros conceptos disciplinares sino que comenzaron a convivir con ellos. Esto nos llevó a proponer la suposición central de este trabajo: El conocimiento emergente de química (en la clase) podría estar descrito en la circunvalación entre el lenguaje, el experimento, acción y representaciones (o vice versa), ciclo en el que paso a paso, se incluyen ‘nuevas’ ideas científico-escolares. Con ello se va superando el ‘gap’ que existe entre la comprensión del mundo real y del mundo reconstruido por la química, poco a poco y quizás no de manera definitiva.

⁸ Izquierdo, M., Sanmartí, N., Espinet, M. (1999) Fundamentos y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 46-61.

⁹ Izquierdo, M., Espinet, M., García, M.P., Pujol, R.M., Sanmartí, N. (1999) Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. 79- 91.

¹⁰ Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal Argentine Chemical Society*, 92 (4-6), 115 – 136.

¹¹ Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27 – 43.

Considerar el proceso de modelización como resultado de la transición entre las dimensiones lenguaje, experimento y modelo nos exigió revisar las relaciones e ideas de los estudiantes entorno al cambio químico, investigaciones en el área, ofertas teóricas, y proyectos para desde esta perspectiva, fundamentar la pertinencia de nuestra propuesta curricular. De este modo nos preguntamos: ¿Cuál es la naturaleza de estas dimensiones y la(s) transición(es) que realizan los maestros hacia cada dimensión? ¿Qué obstáculos presenta la gestión del cambio químico a los aprendices de esta química paso a paso?

La polisemia de varios términos que confluyen en este trabajo ha resultado un obstáculo difícil de superar, que iremos desarrollando y explicando a lo largo del mismo. Este trabajo también conecta y es continuidad de una propuesta anterior sobre 'Planificación de la actividad experimental en un curso de química universitaria' (Merino, 2006)¹² en el cual se pretendía dotar a estudiantes universitarios de primer año en la asignatura de química general (perteneciente al programa de formación de Profesor en Química para secundaria e Ingeniería en Agronomía) de estrategias para: representar, anticipar y planificar la actividad experimental. Los resultados nos dieron a entender que una instrucción deductiva o inductiva de la química coartaba las capacidades de estos estudiantes para desenvolver una actividad científica. He aquí otro punto de partida, que nutre a esta nueva propuesta en la cual creemos que sería susceptible pensar que bajo un enfoque modelizador en la enseñanza de la química, las destrezas, conocimientos de los participantes, serán otros, que hemos contribuido a caracterizar.

La historia que comenzamos a contar trata:

- Identificar las reglas de juego en la gestión en la enseñanza y aprendizaje del cambio químico.
- Detectar, describir y explicar las transiciones o direcciones que toman los argumentos de estos maestros cuando se enfrentan a un hecho y lo reconstruyen desde el punto de la química en términos del lenguaje, de la intervención (el experimento) y el modelo en el aula.

Ejes del referente teórico

Nuestro trabajo apunta a la naturaleza de la química escolar, con la pretensión de que sea eficaz a la vez desde una doble perspectiva: cognitiva y epistemológica. Con relación al eje cognitivo, se consideraron los trabajos en torno a las concepciones alternativas y sobre la génesis de los conceptos (Giordan y De Vecchi, 1988)¹³ que proporcionan una importante base empírica para toma de decisiones para el diseño de las actividades en nuestra propuesta didáctica. Los resultados de la reinterpretación a estos trabajos se exponen y sistematizan en el tratamiento de los datos en el primer bloque del 4to apartado. El eje epistémico nos coloca frente a dificultades. Es necesario investigar, con mayor rigurosidad y precisión, el papel del 'átomo químico',

¹² Merino, C. (2006). Planificación de la actividad experimental en un curso de química universitaria. Tesis de Máster. Universidad Autónoma de Barcelona: Bellaterra.

¹³ Giordan, A, y De Vecchi, G. (1988). Los orígenes del saber. Sevilla: Diada.

para el diseño de secuencias de aprendizaje en la construcción de propuestas para la enseñanza de un tema específico.

Dado que conocer es construir una realidad, la reflexión teórica realizada en el 2do apartado nos aporta los componentes del cual emergen categorías a priori para el tratamiento de las producciones de los participantes, leídas en clave lenguaje, experimento y representación (LER). Con relación a esto último - y dado que conocer es especificar los dominios de la realidad- las ideas abordadas por Le Maréchal (1999)¹⁴, sobre la reconstrucción del mundo desde la química nos son muy sugerentes para dar sentido a las producciones y apuntar el proceso de análisis de las mismas en el contexto de la asignatura. La relación de estos dos aspectos 'sintoniza' con producciones recientes que recogen una visión de ciencia escolar basada en modelos (Sensevy, Tiberghien, Santini, Laubé, y Griggs, 2008)¹⁵ que subscriben el pensar, el hacer y el comunicar del sujeto en los términos de una 'máquina nomológica'.

Finalmente, esperamos con interés en entrar en un nuevo y emocionante territorio de la investigación en la didáctica de la química.

¹⁴ Le Maréchal, J-F. (1999). Modelling student's cognitive activity during the resolution of problems based on experimental facts in chemistry education. En Leach y Paulsen (Eds.) Practical work in science education-recent research studies. pp. 195-209. Roskilde University Press & Kluwer Academic Publisher: Denmark.

¹⁵ Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. y Griggs, P. (2008). An Epistemological Approach to Modeling: Cases Studies and Implications for Science Teaching. *Science Education*. 92:424 – 446.

PRÓLOGO

Para mi cumpleaños número seis me regalaron mi primer *kit* de química. En su caja traía cuatro tubos de ensayo, veinte reactivos, una cucharita y un manual de '*experimentos*'. Recuerdo que me emocionaba e ilusionaba muchísimo ante aquellos 'nuevos' eventos que lograba '*crear*', tras leer las instrucciones de 'mezcle con aquello y obtendrá esto otro'. Por supuesto, en algunos casos, nunca logré '*ver*' lo que trataban de enseñarme. Y cuando ya consideré que había hecho toda la lista de los '*experimentos*' y aún me quedaban sustancias, las juntaba todas para ver '*qué pasaba*'. Nuevos colores, texturas y burbujas aparecían ante mí, me asombraban. En particular, el calidoscopio que se formaban en contraste con la luz en la pared del tubo de ensayo. *¿Y esto es química?*, pensaba tras leer el título en la caja *¿qué es esto tan raro?* Por supuesto sólo me quedaba con las espectaculares desapariciones y apariciones. No llegue más allá del sólo preguntarme qué pasa y por qué pasa, resultado de lo que estaba haciendo. Quién iba pensar que veinte años más tarde, tras cinco años de química en la facultad de ciencias y cinco más en la de educación me encontraría reflexionando y escribiendo sobre mis aventuras y desventuras en la enseñanza del contenido de aquel *kit* de infancia, más bien sobre el *producto y el proceso* de la química que estamos enseñando en la escuela y de lo que está dando de sí este proceso.

Para dar a entender nuestras intenciones y, transversalmente, dar a entender la importancia y solubilidad del problema que deseamos focalizar, haremos una breve sinopsis de nuestro enfoque e intenciones. Nuestro punto de partida se inicia en el '*arte*' de enseñar o profesar (Izquierdo, 2007; Perrenoud, 2004)¹. Entendemos por '*arte*' una manifestación de la actividad humana mediante la cual se expresa una visión personal y desinteresada que interpreta lo real o imaginado con recursos plásticos, lingüísticos o sonoros (Real Academia de la Lengua Española). Análogamente, este arte podemos narrarlo como una tecnología de la función profesoral, es decir, el estudio de los medios de enseñanza. Está basado en la intuición, en la tradición, en las teorías generales sobre el aprendizaje y en aportes experimentales. Este arte, en el marco de la educación, se puntualiza como Didáctica

¹ Para profundizar más en la idea de arte o profesión de la actividad docente véase, Izquierdo, M. (2007) Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 6, 125-138 ó Perrenoud, P. (2004) *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Ed. Graó.

(Menari, 1983)². Si especificamos un poco más y este arte se aplica a una materia de enseñanza en concreto, en una institución, y en un nivel o ciclo de educación, o a un tipo determinado de escolares, y si esta materia es la química, emerge entonces una manera particular de pensar, actuar y comunicar, una *metadisciplina* (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002; Adúriz-Bravo, 2005)³, la didáctica de la química.

I

Ya que estamos hablando de metadisciplinas, en química a éstas se les conoce como *metaquímicas* (Sjöström 2006)⁴. Las metaquímicas se entienden como la reunión de la química y el conocimiento entre las distintas sub-zonas de las humanidades. Cinco áreas cubrirían en este momento esta zona ‘meta’ de la química, que se identifican con: a) la filosofía de la química (metadisciplina fronteriza entre la química y la filosofía de la ciencia; Erduran, 2002; Baird, Scerri, McIntryre, 2005⁵); b) la historia de la química (metadisciplina fronteriza entre la química y la historia de la ciencia; (Wandersee y Baundin, 2002; Bensaude-Vicent y Stengers, 1996)⁶; c) la química y la sociedad (área de conocimiento en la frontera entre la química y la sociedad); d) la química verde o *green chemistry* (metadisciplina fronteriza entre la química y la ecología industrial) y finalmente; e) la enseñanza de la química y a esta última la identificamos como didáctica de la química (metadisciplina fronteriza entre la química y las ciencias de la educación; Izquierdo, Caamaño, Quintanilla, 2007)⁷, con más de 30 años de investigación en el área. La *metaquímica* y sus cinco campos de conocimiento tienen por objetivo contextualizar y analizar la práctica de la química. Si bien, por ahora, conviven relativamente separados unos de otros, estos campos poco a poco están formando una parte natural de los planes de estudio en química, integrando la práctica y reflexión (saberes) de científicos (químicos) y docentes (profesores de química, o educadores en ciencia). Reflejo de esto se puede apreciar a través de las revistas de impacto en cada uno de estos campos: a) *HYLE*,

² Menari, A. (1983). *Diccionario de pedagogía*. Barcelona: Ed. Grijalbo.

³ Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 1 (3). [En línea] Disponible en: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/Numero3/Art1.pdf> [consultado: 18 julio de 2009].

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de cultura económica.

⁴ Sjöström, J. (2006). Beyond Classical Chemistry: Subfields and Metafields of the Molecular Sciences. *Chemistry International*, 28(5), 9- 15.

⁵ Erduran, S. (2001) “Philosophy of Chemistry: An Emerging Field with Implications for Chemistry Education” *Science & Education*, 10, 581-593.

Baird, D., Scerri, E., y Mc Intryre, L. (2005). *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline*. London: Springer.

⁶ Wandersee, J. y Baudoin-Griffard, P. (2002). The history of chemistry: potential and actual contributions to chemical education. En J.K. Gilbert et al. (eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, (pp. 29–46). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Bensaude-Vicent, B. y Stengers, I. (1996). *A history of chemistry*. New York: Harvad University Press.

⁷ Izquierdo, M., Caamaño, A y Quintanilla, M (2007). *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Barcelona: Servei de publicacions, Universitat Autònoma de Barcelona.

International Journal for Philosophy of Chemistry, Foundations of Chemistry; b) *AMBIX: The Journal of the Society for the History of Alchemy and Chemistry, Chemical Heritage, Bulletin for the History of Chemistry*; c) *Chemistry International, Chemistry World, Chemical Week, Chemical Market Reporter*; d) *Green Chemistry*; e) *Journal of Chemical Education, Chemistry Education: Research and Practice*, y *Educación Química* por mencionar algunos ejemplos. Poco a poco se va configurando una necesidad mayor sobre la cobertura de las disciplinas metaquímicas en la asignatura de química, como resultado del aumento de la interacción entre ciencia y sociedad.

Así pues, ya dentro del campo de la enseñanza de la química, podemos separar sus preocupaciones en tres objetivos primordiales: *aprender química*; *aprender sobre química*; y *aprender a hacer química* (Hodson, 1993)⁸. El primero, ‘aprender química’, involucra la comprensión de los productos de la química, sus conceptos, modelos y teorías. El segundo objetivo ‘aprender sobre química’ se refiere a la naturaleza, historia, sociología y métodos de la química. El tercer propósito, ‘hacer química’, se refiere al desarrollo de habilidades en la práctica de investigación química. En esta tesis hemos adoptado una perspectiva de ‘*modelización*’ direccionada sobre estos tres aspectos. *Aprender química, aprender sobre química y aprender a hacer química* serán los tres principios que se abordan en este trabajo a lo largo de todo el documento y que no hemos considerado separar y la Didáctica de la Química nos aporta los elementos necesarios para abordar la caracterización del Modelo Cambio Químico Escolar, bajo estos tres principios (mencionados anteriormente).

Regresando al tema de enseñanza de la química, además ha de ocuparse de un adecuado enfoque del conocimiento químico (currículo). Podríamos destacar tres diferentes tipos de conocimientos que pueden ser considerados importantes para la enseñanza de la química: a) ‘epistémico’ (lógica desde la cual los estudiantes organizan sus teorías, b) ‘ontológico’ (objetos asumidos en la propia teoría) y c) ‘conceptual’ (los marcos en que se subscriben los conceptos implicados). Históricamente, el conocimiento conceptual ha sido el principal enfoque de este ámbito. El enfoque tradicional epistémico ha estado centrado en la problematización del aprendizaje, desarrollando avances en: el contexto, la enseñanza, perspectivas éticas y filosóficas y la conexión con la educación ambiental, entre otros. En cuanto al problema ontológico, su eje central en la investigación versa sobre el tratamiento de las entidades de la química, tema prioritario y de transformación en la escuela. Si bien podemos encontrar abundante documentación sobre esfuerzos y avances a nivel secundaria (secuencias de enseñanza-aprendizaje, trabajos prácticos, proyectos micro-escala, TIC, por mencionar algunos ejemplos), poco o muy poco se han desarrollado a nivel de educación primaria y universitario, incluso en referencia a la formación inicial del profesorado. Al formalizar seminarios, como por ejemplo “*Investigar en la enseñanza de la*

⁸ Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

*química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*⁹, los participantes reclaman la necesidad de generar cambios en las programaciones de química, en cualquier nivel, que contribuya al ascenso de aquellos que se dediquen al ejercicio docente, o simplemente para aquellos que deseen tener unos mínimos, pero robustos rodamientos en química que le permitan ‘ver el mundo’ desde la perspectiva de la química.

II

En esta tesis sobre enseñanza de la química deseamos aportar sobre qué aspectos podría tener una programación química centrada en los fenómenos, y bajo esta perspectiva que darían de sí los participantes (estudiantes). Esta programación se caracterizaría por estar soportada por: a) una revisión de libros de textos escolares de química para identificar cómo se refieren a los fenómenos (con algunos ejemplos), b) una revisión y reconceptualización de concepciones en química desde una perspectiva de ‘actividad química’, c) una revisión de propuestas-proyectos en química desde sus contextos, y d) fortalecer las relaciones entre la filosofía, epistemología y didáctica de la química. Nos interesa de sobremanera el ‘saber’ sobre el *cómo*, es decir, el proceso que seguirán los participantes de esta programación.

Como idea básica nos centraremos el valor de las palabras, que tienen un valor diferente según sea el contexto y según cómo sea la cabeza del que las está usando. Una misma palabra se puede aplicar a diferentes cosas, viajando entre el fenómeno y el modelo con que se mira, el experimento y la explicación que se sustenta, en un juego dialógico. Lo que se trata es de dominar el valor que tiene la palabra en estos diferentes campos, darle valor en cada caso. Complementando esta visión, rescatamos una segunda idea que se refiere a: *detrás de las palabras Cambio Químico, intervienen ‘cantidades de sustancia’, en vez de puramente átomos o ‘masas’*. Creemos que esta idea fundamental no tiene el protagonismo que debería, ya que, el ‘átomo’ que se trabaja en la escuela es un ‘átomo físico’ demasiado genérico para llegar a explorar los cambios químicos reales.

Un planteamiento básico sobre enseñar la química es que la vida cotidiana proporciona un doquier ejemplos de química (estamos rodeados de cosas que tienen una base científica y que la química es capaz de explicar la vida cotidiana, para profundizar esta idea véase Jiménez-Liso y De Manuel, 2009¹⁰). En nuestro caso, nuestros participantes son futuros

⁹ El Seminario “*Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*”, se realizó en abril de 2003 como resultado de un proyecto de cooperación entre la Universitat Autònoma de Barcelona y la Pontificia Universidad Católica de Chile, en la cual se hicieron propuestas de formación del profesorado de química según este mismo enfoque. Fue organizado conjuntamente por el Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales (UAB) y el Colegio de Doctores y Licenciados de Catalunya (CDL). Las ponencias y consideraciones finales del seminario fueron publicadas en un libro que lleva el mismo nombre en el año 2007, por los editores Mercè Izquierdo, Aureli Caamaño y Mario Quintanilla. Parte de la discusión de este seminario se retrae en esta introducción a razón de justificar las ideas que se presentan más adelante en este manuscrito.

¹⁰ Jiménez-Liso, R. y De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: regresión ó innovación. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 257–272.

maestros de educación primaria que necesitan ver qué hay muchos ejemplos de la vida cotidiana a los cuales recurrir. La química cotidiana motiva al maestro y motiva al alumno ya que es lo que se vive cada día; por tanto, también es un buen punto de partida. Hasta aquí nuestro primer principio, *aprender química*.

III

Hablar sobre la química y sobre su enseñanza nos lleva abordar el problema del átomo. La historia de la química nos muestra que los átomos no resultaron útiles para la química cuando se inventaron en el siglo XVII; tampoco lo fueron cuando Lavoisier impulsó una química cuantitativa, mediada por instrumentos que medían (masas, volúmenes, cantidad de calor...). Sin embargo fue crucial la identificación que hizo Lavoisier entre 'elemento' y 'sustancia simple', en la cual se basó la teoría atómica de Dalton.

A Dalton se le atribuye la teoría atómica (Pallón, 2007)¹¹, pero él no era químico y su ingenuidad le permitió dos cosas: sin llegar a diferenciar entre elemento y sustancia simple, establece que había tantos tipos de átomos como elementos; y formular una hipótesis 'de máxima simplicidad' para poder calcular la masa de algunos átomo-elementos. Nace así la 'estequiometría' impulsada y desarrollada por Berzelius, el cual, al aplicarla a la química inorgánica, consolidó el concepto de 'átomo-masa' (átomo químico), hasta estrellarse en los problemas de la química orgánica: la diversidad de composiciones atómica para una misma sustancias, la existencia de listas de masas atómicas... Sin embargo, el átomo químico sobrevivió, al poder diferenciar el átomo, del 'equivalente' y la 'molécula' gracias a métodos químicos (la necesidad de escribir 'ecuaciones químicas' para caracterizar los procesos y de establecer familias de sustancias con una estructura similar) pero también por métodos físicos (capacidades caloríficas, propiedades de las disoluciones...).

En 1860 se disponía ya una lista única de masas atómicas de los elementos, a partir de la cual Mendelejev pudo elaborar su Tabla Periódica de los Elementos con intención didáctica, para mostrar a sus alumnos un 'Sistema de Químico'. En su Tabla queda clara la diferencia, crucial para la química, entre 'elemento' y sustancia simple, porque la tabla clasifica 'elementos', identificados a átomos irreductibles con una masa propia. Estas masas permitían escribir fórmulas, que formaban parte de las ecuaciones y que podrían desarrollarse en tres dimensiones en función de las propiedades, físicas y químicas, de las sustancias. Los átomos proporcionaban una manera de escribir y de pensar según la química, sin necesidad de creer si tenían, o no, una realidad física.

A finales del siglo XIX se identificaron fenómenos diversos que centraron la atención en la estructura interna de los materiales...es decir, de los átomos, según la química. La extraordinaria creatividad de los químicos, físicos, químico-físicos que estableció la estructura electrónica de los átomos y su justificación mecánico- cuántica (1900-1930) fue posible porque ya existían los átomos químicos y la tabla periódica, como sistema general

¹¹ Pallón, I. (2007) *El hombre que peso los átomos. Dalton*. Colección científicos para la historia. Madrid: Nivola.

de la química. Después de la primera guerra mundial empezaron a aparecer en los libros de química los átomos de los elementos como entidades físicas formadas por partículas eléctricas cuyas oscilaciones producían los espectros. En la década de los años treinta se desarrolló un modelo de enlace químico y se empezó a relacionar los procesos químicos con los movimientos de los electrones de un átomo a otro. Términos como ‘resonancia’, nucleofílico, electrofílico,..., fueron desarrollando un escenario de trabajo y de comunicación en el cual la estructura electrónica de estos átomos complejos permitía elaborar explicaciones convincentes a químicos expertos. Finalmente, la ley periódica se justificó según un principio de construcción ‘*eléctrica*’ de los ‘*átomos*’ y las similitudes y diferencias de las propiedades de los elementos de los grupos y períodos de la Tabla Periódica pudieron llegar a ser relacionadas con las estructuras que resultaron de esta construcción (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2009)¹².

Estudios actuales muestran que una parte importante de profesores enseña esta tabla periódica para explicar directamente el por qué del cambio químico, sin haber dedicado mucho tiempo a mostrar qué es este cambio; lo hacen explicando la estructura del átomo como iniciación a la química. Los alumnos conocen la estructura de los átomos ‘físicos’ de la tabla periódica, pero no les atribuyen propiedades químicas, porque no han aprendido a pensar sobre el cambio químico ni conocen los problemas que se derivan de intervenir en él. Con ello, pueden llegar a resolver preguntas sobre estructuras atómicas y moleculares y a realizar cálculos estequiométricos sin llegar a comprender el concepto de elemento químico, de masa atómica, de ‘cantidad de sustancia’ y de mol. Deseamos destacar que es primero la idea química de átomo que su estructura física, puesto que en la primera sirvió de plantilla a la segunda; igualmente, que la tabla periódica ha de enseñarse como ‘sistema de química’ y no como ‘sistema de electrones’, puesto que esta segunda formulación no tiene sentido químico sin la primera (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2009). Con ello proponemos un enfoque en la enseñanza de la química que denominamos ‘Modelización según un Modelo de Cambio Químico’. Hasta aquí el segundo principio, *aprender sobre química*, para ser competente en aplicarla

IV

¿Por qué enseñar química a maestros de educación primaria e infantil? La química forma parte de la cultura de la humanidad. Como cada forma cultural, tiene unas finalidades específicas. En concreto, una de las preocupaciones de la química es comprender los cambios de los materiales el mundo natural e intervenir en los cambios que la actividad humana produce y, en función del conocimiento que inventa y construye, tomar decisiones sobre cómo actuar. Para conseguir estas finalidades busca identificar preguntas relevantes, generar conceptos, modelos y teorías para darles respuesta y encontrar pruebas que las

¹² Izquierdo, M y Adúriz-Bravo, A. (2009). Physical Construction of the Chemical Atom: Is it Convenient to Go All the Way Back? *Science & Education*, 18:443–455

confirman o den lugar a nuevas preguntas (para profundizar sobre estos temas véase las conferencias de Sanmartí y Merino, 2005)¹³.

Como todas las formas culturales, la ciencia genera unas emociones, unas prácticas, unas reglas de razonamiento, un lenguaje específico (en palabras de Lemke, 1993)¹⁴, y unas actitudes y valores. Enseñar química comportaría a maestras(os) ayudar a los niños a apropiarse de esta cultura, a saber utilizarla y a generar deseo de hacerla evolucionar. Por lo tanto, en el aprendizaje de la química se interrelacionan muchos factores: los intereses, la observación y la experimentación, las estrategias de razonamiento, la manera de organizar las ideas, la manera de comunicarlas, los valores. Siguiendo a Sanmartí (2005), podemos identificar 3 factores fundamentales que condicionan este aprendizaje y que a menudo no se tienen demasiado en cuenta, pero que son de vital importancia:

- a) Aprender a emocionarse de una determinada manera
- b) Aprender a mirar el mundo con unos nuevos ojos
- c) Aprender a imaginar, a representar aquello que imaginamos con diferentes lenguajes, y a evaluar

a) Aprender a emocionarse

Contemplar una puesta de sol, un fuego artificial, que ‘suba’ un bizcocho, nos seduce. Es posible que a un pintor o a un poeta estas nuevas sensaciones le generen deseo de expresarlas a través de los lenguajes que los son propios, utilizando las técnicas que consideren más adecuadas por comunicarlas. (Neruda, 2005)¹⁵, Un científico, en cambio, delante de las emociones que le genera el fenómeno normalmente se empieza a plantear preguntas: *¿Por qué el cielo tiene este color? ¿Por qué no siempre tiene el mismo? ¿Por qué en otoño acostumbra a producirse las puestas de Sol más bonitas? ¿Por qué la intensidad del color no es siempre igual? ¿Cómo transformar la madera en carbón?*, etc. Identificar buenas preguntas y plantearse problemas forma parte del “hacer química”. Como dice cierto dicho: “Un problema bien planteado ya está medio resuelto”. No se puede hacer entrar a los niños en la cultura científica sin enseñarles a hacerse preguntas y a distinguir cuáles son las interesantes. Las situaciones a observar no son sólo las relacionadas con fenómenos naturales, preciosos como lo es una puesta de sol, o las alas de una mariposa, o la formación del carbón en la carbonera. Fijémonos que todas estas preguntas son complejas y engloban muchas sub-preguntas. Para intentar dar una respuesta hace falta ir construyendo también ideas complejas, que representación de los modelos y teorías químicas.

¹³ Sanmartí, N. y Merino, C. (2005) “La enseñanza de la Química y las nuevas tecnologías: Qué cambia y qué no cambia”. I Jornadas de enseñanza de la Química. Palma de Mallorca. Disponibles en: <http://antalya.uab.es/ice/sanmarti> [acceso: 13 de septiembre de 2009].

¹⁴ Lemke, J. (1993). Talking science: lenguaje, learning and values, Norwood: Albex Publishing Corporation (Trad. cast. Aprender a hablar ciencias, Barcelona: Paidós, 1993).

¹⁵ Neruda, P (2005). Oda al átomo; Oda a la energía; Oda al laboratorista; Oda a los números; Oda al mar; Oda a vino. En: Odas elementales. Fundación Neruda, Pehuén: Santiago

b) Aprender a mirar el mundo con ojos nuevos

Las explicaciones de la química también comportan aprender a mirar los fenómenos desde puntos de vista que desafían el pensamiento común. Por ejemplo, aquello que nos sorprende del mundo es su diversidad; ahora bien, para poder dar respuestas a las preguntas que generamos al observarlo, nos hace falta aprender a identificar las regularidades, aquello en qué se asemejan o tienen en común fenómenos aparentemente bien diversos. Estamos tan acostumbrados a la diversidad que incluso no nos sorprende ni nos crea dificultades el hecho que, a veces, vemos el mismo fenómeno de manera diferente. Las diferencias generan interrogantes y deseos de volver a mirar el fenómeno para comprobar la respuesta. Una ley es una generalización de unas regularidades que nos posibilita hacer predicciones. A las primeras edades, la ley la enunciamos sólo con dibujos y con palabras. Más adelante podrán utilizar el lenguaje geométrico y fórmulas algebraicas. Una fórmula –aquello que a los alumnos de secundaria les cuesta tanto de apreciar- es la expresión de una regularidad, una pauta que ordena.

c) Aprender a imaginar, representar y evaluar

Muy a menudo, no asociamos la imaginación al aprendizaje de la química. Más bien animamos los alumnos a no inventar y a decir las cosas tal y como las dice un libro, porque consideramos que allá están bien explicadas y que es mejor que no se abran caminos interpretativos y maneras de hablar diversos, que pueden resultar erróneos. Pero los modelos de la química son el resultado de un gran esfuerzo imaginativo. Un esfuerzo que tiene unas reglas, la más importante es que aquello que imaginamos ha de estar de acuerdo con aquello que observamos como resultado de lo que hacemos. Por esto, en química, son tan importantes los experimentos. Para que haya consenso respecto a la coherencia entre imaginación y realidad, entre modelos y hechos. Y para que pueda ser compartida se ha de poder expresarse a través de varios lenguajes: verbal, gráfico, matemático y, también el gestual.

La investigación en la enseñanza química tiene como objetivo principal proporcionar información acerca del ‘cómo’ optimizar la educación formal e informal de la química, para ofrecer procesos de formación más óptimos y acordes con las demandas sociales actuales. Nuestro esfuerzo por comprender *un particular modo de hacer química centrado en el que aprende* discurre a través de un estudio de casos en un aula donde enseñaremos química a maestros en formación de primaria e infantil. Pero previamente, para apropiarnos de esta ‘manera de mirar’, identificaremos otras formas de mirar el Cambio Químico con sus matices.

Estas ‘otras maneras de mirar’ guardan relación con:

- a. Las *maneras de mirar el Cambio Químico*, que aparecen en algunos *libros de texto y proyectos* de ‘innovación’.
- b. Las *maneras de mirar* que dan niños, niñas y adolescentes a un fenómeno químico.

Nuestra intervención maneja una *'manera química de conocer, hacer y comunicar'*, bajo un matiz particular, que queremos caracterizar. De la práctica de aula obtuvimos los registros con los cuales se avanzó en la investigación. El principal problema fue elegir primero, cómo desintegrar analíticamente aquello que está unido en la práctica (y es un modo de hacer química) y segundo, qué parte de todo lo llevado a cabo tomar como ejemplo. *¿Cómo dar operatividad y dar cuenta de esta manera de pensar, hacer y comunicar un fenómeno determinado? ¿Cómo hacerlo desde una perspectiva instrumental que sea de utilidad para la enseñanza de la química?* La investigación que presentamos conserva un fuerte referente contextual en una situación de aprendizaje de la química, al interior de una asignatura-propuesta.

V

Hablemos un poco sobre el contexto donde se despliega el problema. En las maneras de mirar la química podemos centrar dos puntos de vista. El primero hace referencia a que la química no es algo que esté ahí afuera en la naturaleza, sino que es un instrumento en la mente del conocedor, tanto del profesor como del estudiante (Feynman, 2004)¹⁶. El segundo a que la química se basa en aquello que podemos *ver, oír, tocar y hacer*, y no en opiniones personales o en la imaginación especulativa (Chalmers, 1999)¹⁷ que, podemos decir, son las dos caras de una misma moneda. Llegar a conocer algo es una aventura en el *"cómo explicar cantidades de cosas -con las que uno se encuentra- de la manera más simple y elegante posible"* (Karplus y Thier, 1967; citado en Bruner, 2003)¹⁸. Para llegar a este punto hay muchas maneras posibles, pero siempre es como aprendiz, en sus propios términos. Para Bruner (2003)¹⁹ la estrategia para ayudar y apoyar a un aprendiz no debería llamarse de una forma habitual, *'currículo'*, porque en la práctica es una *'animada conversación'* sobre un tema que nunca se puede definir del todo, aunque se puedan poner límites. Compartimos con Bruner, la idea de llamar a este acto *'animada conversación'* no sólo por ser jovial y honesta, sino porque se usa la animación en el sentido más amplio: apoyos, dibujos, textos, películas e incluso exhibiciones.

Deseamos proponer una *'animada conversación'* sobre química, teniendo en cuenta los animados procesos de conocer la química, más que ser una explicación solamente de *'química concluida'* como podría deducirse de los libros de texto, manuales ó en el *'experimentos de ilustración'*. Siguiendo con Bruner (2003), si uno de los grandes triunfos del aprendizaje y la enseñanza es organizar las *'cosas que hay en la cabeza'*, la cuestión es cómo sacar lo más posible de lo menos posible, es decir, aprender a pensar con lo ya

¹⁶ Feynman, R. (1999) *The pleasure of finding things out*. Perseus Book Publishing. (Trad. cast. *El placer de descubrir*, 2004, Ed. Crítica: Barcelona).

¹⁷ Chalmers, A. (1999). *What is this called science?* Open Queensland Press. (3 Ed.). (Trad. cast. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, 2007, Ed. Siglo XXI: Madrid).

¹⁸ Karplus, R. y Thier, H. (1967). *A New Look at Elementary School Science*. Rand McNally and Co: Chicago

¹⁹ Bruner, J. (2003). *La educación puerta de la cultura*, Visor, Col. Aprendizaje: Madrid (3 ed.)

adquirido. He aquí el corazón de todo buen currículo, cualquier programa, asignatura, cualquier encuentro de enseñanza y aprendizaje.

En nuestro planteamiento para una programación de la química en la escuela, se pretende introducir desde el primer momento la perspectiva propia de la disciplina, es decir, el interés por el Cambio Químico, que ha de ser considerado necesariamente a partir de determinadas prácticas de investigación, interpretadas según un razonamiento cuantitativo; por tanto, es prioritario todo aquello que no puede deducirse de otras disciplinas o deducirse de ellas. Diseñamos la enseñanza como un proceso de *'modelización'* (Izquierdo, 2004)²⁰, en el cual determinados fenómenos se vuelven *'hechos ejemplares'* al ser reconstruidos a partir de las entidades propias de la teoría química. Los problemas de investigación que aparecen son debidos a las dificultades de impulsar una actividad química genuina en los grupos de alumnos en los cuales, las acciones, los lenguajes y las representaciones se desarrollan y se comparten los valores que permiten evaluarla.

Con esto, todo aquello que contribuya a establecer una *'teoría de la acción'*²¹ es de nuestro interés. La acción de las personas en su afán por transformar materiales para obtener otros más puros, útiles y saludables es el agente que produce el cambio, mediante su *'acción'*. Con ello se pretende establecer un enfoque para la química que se enseña en la escuela y en la universidad, que destaque la finalidad transformadora y práctica de la química, de manera que proporcione criterios para la selección de los contenidos básicos que han de enseñarse de manera significativa en cada nivel de enseñanza. Creemos que para intentar comprender lo que andaban buscando los químicos de otras épocas es necesario ahondar en el significado práctico y axiológico de los conceptos y modelos que ellos elaboraron, que no se transmite en los libros. Es más, los conceptos y modelos químicos pueden llegar a desvirtuarse por completo al presentarlos como si se refirieran a una manera de ser de los materiales descubierta gracias a una supuesta capacidad de los químicos para ver la materia por dentro (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005). Aquí conectamos con el tercer principio, que ya vimos, *aprender a hacer química*.

Por otro lado la acción científica- y particularmente química-, en una situación de aprendizaje, tiene unas características hasta ahora no bien definidas. Lo que sí sabemos es que hay una coherencia entre los resultados instrumentales, las ideas y el lenguaje, en cualquier actividad científica genuina, que tiene sus dificultades en el aprendizaje. En el caso de la clase de química, caracterizaría un proceso del que ahora podemos llamar

²⁰ Izquierdo, M (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *Journal Argentina Chemistry Society*, 92 (4-6), 115 - 136

²¹ Cuando nos referimos sobre una Teoría de la Acción no estamos hablando sobre la Teoría de la Actividad de Galparin, Talizina, Luria y otros, que por alce se pueda asociar. Nos referimos al significado práctico y axiológico de los conceptos. Para profundizar véase: Izquierdo, M y Adúriz-Bravo, A (2005b) La enseñanza de los componentes prácticos y axiológicos de los conceptos químicos. En M. T. Cabré, C. Bach (Eds.). *Coneixement, llenguatge i discurs especialitzat*, pp. 325-345. Barcelona: LULA, Documenta universitària.

'estabilización interactiva' (Via, 2009)²². Con este término se destacan dos aspectos: la existencia de una 'inestabilidad potencial' en la coherencia lograda (por la que hay que continuar aprendiendo); y que la interpretación de los resultados experimentales, del funcionamiento de los instrumentos y del lenguaje varía.

Es en este 'frame' en el cual presentamos una oferta y oportunidad para describir una propuesta para la enseñanza de la química, a partir del estudio del Cambio Químico, mediado por un *enfoque modelizador* que hemos nominado '*química paso a paso*' (Qp₂). En esta propuesta deseamos describir las ideas que se generan en los participantes. Con este trabajo deseamos dar cuenta de una manera de entender la enseñanza y el aprendizaje de la química, que hasta ahora no se había suscrito en un programa de formación de maestros de primaria e infantil.

Y para finalizar este extenso prólogo sobre el mundo de las palabras y de la enseñanza de la química creemos que, en algún sentido, lo que más tiempo y trabajo nos ha llevado fue dar con la narración adecuada para poder contarles lo que hemos tratado de *pensar, hacer y comunicar*.

²² Via, A. (2009). L'avaluació de les competències escolars de coneixements tecnocientífics. *Tesis Doctoral*.
Universidad Autónoma de Barcelona: Bellaterra.

1. Problema de investigación

En este primer capítulo, que consta de cuatro apartados se presentan los antecedentes que han originado el problema de investigación, los objetivos y se detalla cómo está organizada esta memoria.

En el primer apartado se exponen los antecedentes que han originado esta investigación. Tal como se explica a continuación se expondrán brevemente dos eventos que dan paso a la formulación a uno de los principales problema a tratar en el campo de la Didáctica de las Ciencias (en la especialidad de 'química'): Los modelos y la modelización toman un lugar central en puntos de vista contemporáneos en la educación científica (por ejemplo e.g., Gilbert, Boulter, y Rutherford, 1998; White y Frederiksen, 1998)¹

En el segundo apartado se formula el problema, en el tercero se detallan los objetivos y en el cuarto se muestra la organización de la memoria.

1.1 Antecedentes del problema de investigación

Esta investigación tiene una relevancia práctica y teórica, que en este apartado me permito explicar.

A nivel teórico avanzaré sobre dos fuentes, que permiten situar dónde y cómo aportamos. La primera fuente hace referencia a las investigaciones en didáctica de las ciencias que se centran en propuestas atentas a aproximar las prácticas experimentales a las experiencias e intereses de los alumnos por medio de un proceso de 'modelación' para entender mejor el transcurso de creación de significados (Izquierdo *et al*, 1999; Halliday y Martins, 1993; Lemke, 1997, Mortimer y Scott, 2003; Gilbert *et al*, 2002)². Estas propuestas han generando

¹ Gilbert, J. K., Boulter, C., y Rutherford, M. (1998). Models in explanations part 1: Horses for Courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83–97.

White, B., y Frederiksen, J. (1998). Inquiry, modelling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–117.

² Halliday, M. A. K., y Martin, J. (1993). *Writing science: literacy and discursive power*. London: Falmer Press.

una gran cantidad de observaciones y matices entorno a cómo comprender y documentar el *proceso de modelización científica escolar* dependiendo de los énfasis que se quieran establecer. Estos compromisos (el educativo, primordial) han llevado a considerar que la enseñanza de las ciencias, mediatizada por un proceso de transposición didáctica (Archer, Arcà y Sanmartí, 2007)³, conduce a lo que algunos autores denominan modelos enseñados (Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2004)⁴, representaciones didácticas de los modelos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001)⁵, modelos pedagógicos (Islas y Pesa, 2003)⁶ o modelos curriculares (Justi, 2006)⁷. Cada una de estas investigaciones se ha fijado en un aspecto específico, pero todas coinciden en que el alumnado ha de reflexionar sobre sus *'acciones'* y ha justificar los cambios que provoca, de manera razonable y generalizable, con un lenguaje apropiado, el cual es consensuado en la actividad. Y en este marco se va a hablar de *naturaleza de la modelación en la ciencia escolar*.

La segunda fuente apunta a la propia actividad desarrollada en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Matemática de la Universidad Autónoma de Barcelona y sus trabajos en el área de la modelización científica escolar, nutrida por los avances en la filosofía de las ciencias y la psicología cognitiva. A nivel histórico:

- En 1998, se organizó un seminario de investigación sobre 'Modelo Cognitivo de Ciencia'. Dicho encuentro contribuyó a consensuar e inspirar un modelo didáctico particular de 'Ciencia Escolar' (Sanmartí y Izquierdo, 1997; Izquierdo *et al*, 1999; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003)⁸, que se fundamenta en una concepción semántica de las teorías científicas (Guiere, 1999)⁹ y en una gestión socializadora de la clase, basada en el lenguaje (Jorba y Sanmartí, 1996)¹⁰. Bajo este paradigma, el proceso de enseñanza y aprendizaje se concibe como un proceso de modelización de los fenómenos mediante algunos *'modelos teóricos'* (Izquierdo, 2005)¹¹. Los debates en torno a estas ideas se publicaron en el número extra de la revista *Enseñanza de las Ciencias* del año 1999.

Mortimer, E. y Scott, P. (2003). *Meaning making in science classrooms*. Milton Keynes: Open University Press.

³ Archer, A., Arcà M. y Sanmartí, N. (2007). Modelling as a teaching-learning process for understanding materials. A case study in primary education, *Science Education*, 91, 398-418.

⁴ Treagust, D., Chittleborough, G. y Mamiala, T. (2004). Students' understanding of the descriptive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34, 1-20.

⁵ Galagovsky, L. y Adúriz-bravo, A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.

⁶ Islas, S. y Pesa, M. (2003). "¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?", *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 57-66.

⁷ Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.

⁸ Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.

⁹ Giere, R (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 63-70.

¹⁰ Jorba, J., y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC.

¹¹ Izquierdo, M (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.

- En febrero de 2003, el Departamento organizó un nuevo evento en esta línea (pero ahora focalizado y puntualizando sobre la investigación en la enseñanza de la química bajo el lema “Contextualizar y Modelizar”) en el cual se realizaron propuestas para la formación del profesorado según este mismo enfoque. Estas actividades fueron organizadas debido a una preocupación compartida por el estado de la enseñanza de la química, que apenas se da en primaria, presentando un elevado índice de fracaso escolar en la etapa 12-16 en el Bachillerato y que es estudiada de manera preceptiva por un número cada vez menor de estudiantes. Además, y esto es lo más importante para nosotros, la enseñanza de la química se mantiene aún en un nivel muy abstracto y formalizado, con lo cual presenta dificultades específicas que hacen muy difícil *‘poner en contexto’* los temas y seguir, en clase, un proceso de modelización en la cual la interacción discursiva entre los estudiantes y profesores tenga el lugar que se merece.

En estos eventos *‘históricos’* se enmarca el contexto de esta investigación. En este contexto se planteó el querer saber más sobre la naturaleza de la enseñanza y aprendizaje de la química, en una asignatura dirigida a la formación *‘química’* de los maestros de primaria e infantil que reúne las características del segundo evento, para aportar datos, componentes y elementos al primero (procesos de *‘modelación’* y su potencial para entender mejor el transcurso de creación de significados). Esta perspectiva de modelización propiciada por el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona, se relaciona con el currículo y las actividades el aula de química y es el tema central en esta investigación.

Mi interés por la *modelización del cambio químico* se debe a: a) por un lado el deseo de *‘conocer’* vías para *‘trasladar’* el conocimiento químico a la escuela; b) comprender cómo se abordan las ideas de química en el alumnado; c) qué cosas se está *‘trasladando’* a los textos escolares y proyectos de una enseñanza de la química supuestamente *‘innovadora’* y *‘transformadora’* de las ideas científicas, y finalmente, d) cómo generar una propuesta que recoja las ideas anteriores. Hemos seleccionado *el cambio químico* como *‘Modelo Teórico’* para la actividad química. Nos impresiona la facilidad con que los alumnos comprenden la teoría atómica, nomenclaturas y formulismos y, no obstante, la dificultad que les representa interpretar situaciones a las que hacen referencia.

A partir de ello se concretó la investigación titulada *“Aportes a la caracterización del Modelo Cambio Químico Escolar”*, la cual tenía como objetivo la revisión de algunos textos escolares y propuestas de enseñanza y el estudio de algunas nociones sobre química en algunos trabajos previos sobre concepciones de los alumnos para, con esto fundamentar, la reflexión, el diseño e implementación de una propuesta (asignatura) para la enseñanza de una *‘química básica para todos’* estructurada en siete temáticas. Finalmente, tomar la primera unidad de esta asignatura y dar cuenta de lo que dan de sí los participantes, futuros maestros en formación inicial (Primaria e Infantil), cuando llevan a cabo la actividad química generada.

1.2 Formulación del problema

Tomando en cuenta lo planteado se observa que el estudio de la problemática central de este proyecto se basa (como ya se dijo en el prólogo) en fundamentar la enseñanza de la química en tres pilares: *aprender química, aprender sobre química y aprender a hacer química*.

En este sentido se plantean como problemas centrales los siguientes:

- I. ¿Qué tipo de ‘escollos’ dificultan la interpretación de los fenómenos químicos mediante la teoría química?
 - a. ¿Cómo se presentan los fenómenos químicos en los textos y proyectos de química?
 - b. ¿Cómo se interpretan espontáneamente los fenómenos químicos?

- II. ¿Qué sucede cuando profesores en formación en primaria e infantil reciben una formación en química que parte del estudio de los fenómenos químicos según un proceso ‘modelizador’?
 - a. ¿Cómo se desarrolla el proceso de formación de estos futuros profesores mediante el estudio de fenómenos en un caso particular de enseñanza de la química?
 - b. ¿Cómo caracterizar el Modelo Cambio Químico de estos docentes en sus representaciones?

1.3 Objetivos

Los objetivos que se han propuesto para poder abordar las preguntas de investigación son los siguientes:

Objetivo general	Estudiar el tipo de obstáculos que dificultan la introducción de la química en primaria y secundaria obligatoria, que parte del estudio de los fenómenos considerados relevantes, para aportar en el diseño de una asignatura que parte desde el estudio de los fenómenos y caracterizar que da de si esta propuesta en maestros en formación inicial de primaria e infantil.
Objetivo específico I	Identificar cómo se presentan los fenómenos en textos escolares y proyectos de química.
Objetivo específico II	Identificar algunas nociones de química (a partir de investigaciones previas sobre concepciones en química) desde una perspectiva de 'actividad química'.
Objetivo específico III	Caracterizar el Modelo Cambio Químico que siguen los docentes participantes en una asignatura que parte del estudio de los fenómenos.

1.4. Organización general de la memoria

Esta memoria consta de siete capítulos. En el capítulo 2, *marco teórico*, se presenta el marco teórico que se ha utilizado para el diseño, el abordaje de los datos y la interpretación de los resultados. El capítulo se estructura en tres grande apartados: el primero se ha intentado sintonizar con el primer objetivo de la educación científica, *aprender química*. Es decir, sus productos (entidades, modelos, teorías), pero haciendo hincapié en: 1) el conocimiento químico a enseñar (los temas); 2) el conocimiento químico que se enseña (campo conceptual, en los libros de textos y proyectos); y 3) el conocimiento químico que se aprende (ideas de los alumnos). En el segundo apartado se presentan las teorías contemporáneas sobre los modelos, el lenguaje y la modelización para entender el proceso de enseñanza y aprendizaje de los mismos. Finalmente en el tercer apartado se presenta una propuesta para programar la enseñanza de la química y dos ejes sobre los cuales poder mirar las actuaciones y producciones de los alumnos desde una perspectiva modelizadora: epistémico y cognitivo.

El capítulo 3, *metodología de investigación*, se detalla todo el proceso seguido para la obtención de los datos y se describen los contextos de la muestra y la metodología usada para analizarla.

En los capítulos 4, *'las maneras de mirar el cambio en los libros de textos'*, 5, *'las maneras el de mirar el cambio los estudiantes'*, 6, *'el cambio químico en nuestra' propuesta*, son los capítulos de resultados. A cada uno de estos capítulos se relacionan los resultados con los objetivos generados de la investigación propuesta. Así el capítulo 4 se corresponde con el objetivo específico I, el capítulo 5 con el II y finalmente el capítulo 6 con el III.

Finalmente, en el capítulo 7, *conclusiones e implicaciones de la investigación* se presentan las conclusiones de esta investigación y se discuten las implicaciones y continuidad de la misma. En el CD anexo a esta memoria, se pueden encontrar los datos empleados en esta investigación.

2. Marco teórico

En este capítulo, se discuten los preceptos teóricos para comprender el planteamiento que sustenta la tesis. Éstos aspectos se han organizado en tres bloques. El primero versa sobre qué es, cómo se enseña y cómo se aprende la química. En el segundo comenzamos planteando referencias específicas sobre el lenguaje y los procesos de modelización, proponiendo una 'visión de la modelización para la enseñanza de la química'. Finalmente, en el tercer bloque se concluye justificando por qué se propone una determinada programación para la enseñanza de la química. En este mismo apartado, como producto de la reflexión de los elementos teóricos revisados, emergen estrategias para sistematizar los datos y se fundamenta su elección.

2.1. QUÍMICA: CÓMO ES, CÓMO ENSEÑA Y LAS IDEAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE QUÍMICA.

En esta sección revisaremos el primer objetivo de la educación científica: aprender química, es decir, aquello que envuelve la comprensión de los productos de la química, conceptos, modelos y teorías.

Han pasado más de 7.000 años desde que los humanos aprendimos a crear nuevas sustancias que podrían servir mejor a nuestras necesidades. Los antiguos artesanos descubrieron que el mineral verde malaquita era transformado, casi mágicamente, al calor del horno, en un metal lustroso y rojizo que ahora llamamos cobre. Un material que apenas existía en el mundo natural, nacía de entre las llamas. Se podía moldear en útiles formas para herramientas, armas y ornamentos. Una aleación de cobre y estaño, llamada bronce, y después el hierro, se convirtieron en los metales centrales de los cuales dependió la civilización. Las civilizaciones se construyeron sobre algo más que metales, así, mientras algunos de nuestros ancestros se dedicaron a transformar piedras en metales, otros se dedicaron a transformar el grano en pan y en cerveza. Dado el impacto de la química en nuestras vidas, los debates sobre qué y cómo enseñar química se han vuelto cruciales: conocimiento químico en relación al medio ambiente, la vida y la medicina, las fuentes energéticas, el diseño de materiales, el cambio parece ser una constante. Pero ¿qué fenómenos, cambios y naturaleza química enseñamos en la

escuela? He aquí cuando comienzan nuestros problemas. Y estos problemas radican en que hay veces, en el camino de enseñar y aprender la química, que nos olvidamos de: a) la gestión de los fenómenos y sus cambios, y derivamos a enseñar y a aprender sus conceptos, y b) mostrar al mundo solo el significado de las fórmulas e inscripciones que aparecen en los libros de texto.

Sobre los avances de la química como asignatura, los trabajos de Johnstone (2000a; 2000b, p. 9)¹ nos adelantan que: *'la química es un tema difícil para los estudiantes, que tanto pueden ser propias del aprendizaje humano, como de la naturaleza intrínseca de la materia'*. Chiu (2005)² plantea: *'la química es un mundo lleno de fenómenos interesantes, atractivas actividades experimentales, y de conocimiento fructífero para la comprensión del mundo natural y artificial. Sin embargo, es compleja'*. Estos dos autores nos muestran que la(s) programación (es) que se desarrollan en un aula escolar o universitaria acerca de la Química, es por su naturaleza compleja, un reto.

La Química como asignatura, sus objetivos, los programas, la metodología de enseñanza, las experiencias, los ejemplos, los problemas se fundamenta en el diseño que se hizo de ella en la segunda mitad del siglo XIX en Alemania, con algunos cambios introducidos en los años 60 (Sanmartí y Merino, 2005)³. Las instituciones dedicadas a la formación, han continuado esta programación con pocos cambios hasta la fecha. De este modo, los problemas de la enseñanza masiva de este saber erudito pasaron a formar parte del grupo de cuestiones sobre las que ha centrado su atención la didáctica de la química en centros de investigación, fundaciones y programas de gobierno. De Jong (2007)⁴ analiza brevemente los orígenes de la investigación didáctica en química, que considera estuvieron influenciados por la reforma a gran escala del currículum de ciencias emprendido en los EEUU en los años 50, y en el Reino Unido en la primera mitad de los años 60. Estas reformas estaban fundamentalmente guiadas por el objetivo de presentar más adecuadamente el cuerpo de conocimientos de la química en función de conceptos y principios químicos básicos, en lugar de basarse en largas series de hechos químicos. Los nuevos materiales curriculares, fueron desarrollados por equipos de químicos y profesores de química con la colaboración de especialistas de otras áreas, como los de la psicología del aprendizaje, pero faltó la colaboración de la investigación en educación química. Sin embargo, este desarrollo curricular estimuló el interés por aportar evidencia sobre los efectos de los nuevos currículos en el conocimiento y en la

¹ Johnstone, A. (2000a). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.* 1, 9-15.

Johnstone, A. (2000b). Chemical Education research: where from here?. *Univ. Chem. Educ.*, 4, 34-38.

² Chiu, M.H. (2005). A national survey of students' conceptions in chemistry in Taiwan. *Chem. Educ. Int.*, 6, 1-8.

³ Sanmartí, N. y Merino, C. (2005). "La enseñanza de la Química y las nuevas tecnologías: Qué cambia y qué no cambia". *I Jornadas de Enseñanza de la Química*. ANQE. Palma de Mallorca.

⁴ De Jong, O. (2007). Research and teaching practice in chemistry education: living apart or together? Onno de Jong. En Izquierdo, Caamaño y Quintanilla (eds.) *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 165-172). Bellaterra: Servei de Publicacions, UAB.

formación científica de los estudiantes. Un desarrollo posterior de la educación química en los años 80 y 90 tuvo lugar como consecuencia de la emergencia de áreas de investigación como, por ejemplo, las concepciones alternativas de los estudiantes y sus formas de razonamiento y, recientemente, el aprendizaje de los conceptos químicos en contexto. Ejemplos de este último enfoque lo constituyen proyectos curriculares como el *Salters Chemistry* o el *ChemCom*, que muestran una mayor preocupación por el aprendizaje de los estudiantes y por la contribución de la química a su cultura científica y a su formación como futuros ciudadanos.

Pero a pesar de estos diferentes escenarios y énfasis, la investigación de la enseñanza y aprendizaje de la química a nivel secundario y terciario ha tenido relativamente poco impacto sobre la práctica. En muchos países está disminuyendo el interés en estudiar química en escolares y universitarios y hay preocupación sobre las caídas de los estándares. Muchos académicos no se han adaptado suficientemente a este cambio en la población estudiantil. Hoy en día, el reto es cómo activar las conclusiones de las investigaciones sobre la enseñanza y aprendizaje en la práctica efectiva; en otras palabras, cómo hacer una enseñanza y aprendizaje de la química más basada en evidencias y no en una exclusiva preocupación por el contenido. Un gran problema es que muchas investigaciones de educación nunca son leídas por los profesores y, menos aún, se aplican en el aula (Chields, 2009)⁵. Sin embargo, acordando con De Jong (2007), el valor de las investigaciones depende de la naturaleza de los instrumentos de investigación escogidos. La realización de cuestionarios y entrevistas a los estudiantes antes y después de la instrucción son necesarios, pero no son suficientes. Es preciso investigar el proceso de aprendizaje que se da en las propias aulas y potenciar una mayor comunicación y colaboración entre investigadores y profesores; se propone iniciar desarrollos curriculares a pequeña escala unidos con una investigación en profundidad sobre los procesos de enseñanza aprendizaje que tienen lugar en su aplicación, que puedan ser desarrollados y evaluados en colaboración entre investigadores y profesores.

Un nuevo escenario lo dibujan las orientaciones de la OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*, que reúne a los gobiernos de países comprometidos con la democracia y la economía de mercado de todo el mundo) en su ocupación por la alfabetización científica como algo más que saber repetir contenidos, a través su programa de diagnóstico PISA (*Programme for International Student Assessment*) donde se han propuesto los objetivos de la enseñanza científica: *Desarrollar la capacidad de utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas relevantes y obtener conclusiones basadas en evidencias, con la finalidad de comprender y ayudar a tomar decisiones en relación a los fenómenos naturales y a los cambios introducidos a través de la actividad humana (OECD, 2000).*

Según este escenario, *¿Qué química debemos de enseñar? ¿Tendremos que cambiar nuestra dinámica de enseñar contenidos y centrarla en la promoción de preguntas? ¿Qué fenómenos son los que hemos de llevar al aula para promover estos objetivos?* Estas

⁵ Chields, P. (2009). Improving chemical education: turning research into effective practice. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2009, 10, 189–203.

preguntas nos invitan a revisar los tópicos y conceptos que enseñamos en la asignatura de química.

2.1.1. Dificultades en el estudio de temas de química

Si tomamos como ejemplo la información presente en las tablas 2.1 y 2.2 extraídas de estudios sobre dificultades en el estudio de los temas, podríamos obtener una idea de aquellos que se enseñan y de los que causan ‘desequilibrios’ en su aprendizaje. Aunque éstos trabajos forman parte de estudios más amplios, tiene por objeto:

- a) Identificar los temas de química que los estudiantes encuentran difíciles (Chelds y Sheehan, 2009)⁶,
- b) Aislar las razones por las que se encuentran difíciles,
- c) Desarrollar, aplicar y evaluar los métodos de enseñanza, para reducir estas dificultades,
- d) Identificar la programación química (Johnson, 2000)⁷.

Ratcliffe (2002)⁸ llevó a cabo una encuesta sobre el curso de química de Nuffield⁹ (nivel A) donde pidió a los estudiantes “*dar prioridad a conceptos químicos dentro del plan de estudios que encontraron difíciles*”. Siguiendo en la línea de las propuestas de Nuffield, Bojezuk (1982)¹⁰ llevó a cabo una investigación sobre qué temas los alumnos encuentran difíciles a nivel A y O. Johnstone (2006)¹¹ recopila las opiniones del estudiantado de primer año en la Universidad de Glasgow y Strathclyde, mientras que Jimoh (2005)¹² analizó la percepción de temas difíciles en el currículo de química por parte de alumnos en escuelas secundarias nigerianas. En cuanto a las respuestas de los sujetos, los temas de química que se identifican como difícil o muy difícil están o pueden estar (subscritos) en un Plan de Estudios cualquiera. Los temas podríamos clasificarlos bajo tres tópicos: a) los que se refieren a la estructura del átomo, b) los que se refieren al enlace y, c) los que se refieren a los símbolos y las ecuaciones químicas.

Los temas identificados como difíciles o muy difíciles también se pueden clasificar en tres categorías: a) Tópicos de química orgánica, b) Tópicos de química que implican manipulaciones matemáticas y, c) Tópicos de química que necesitan de una firme comprensión de la naturaleza de la materia.

⁶ Childs, P y Sheehan, M. (2009). What’s difficult about chemistry? An Irish perspective. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2009, 10, 204–218.

⁷ Johnson, P. (2000). Developing student’ understanding of chemical change: what should we be teaching? *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.* 1, 77-90.

⁸ Ratcliffe M., (2002), What’s difficult about A-Level chemistry. *Educ. Chem.*, 39, 76-80.

⁹ *Nuffield Advances Chemistry* es un programa perteneciente a la *Nuffield Curricular Center*, su objeto es el apoyo y promoción de la enseñanza y aprendizaje de la química pre-universitaria.

<http://www.chemistry-react.org/go/default/Default.html>

¹⁰ Bojezuk M., (1982), Topic difficulties in O and A level chemistry, *Sch. Sci. Rev.*, 63(224), 545-551.

¹¹ Johnstone A., (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 7, 49-63.

¹² Jimoh A. J., (2005), Perception of difficult topics in chemistry curriculum by students in Nigeria secondary schools, *Ilorin J. Educ.*, 24, 71-78.

Ratcliffe (2002)	Bojezuk (1982)-nivel 0-	Bojezuk (1982)-nivel A-	Johnstone (2006)	Jimoh (2005)
<ul style="list-style-type: none"> Síntesis orgánica Iones complejos NMR Espectrometría Planear experimentos Química de los Halógenos Mecanismos de reacción Celdas Potenciales electrodos 	<ul style="list-style-type: none"> Cálculos de valoración Cálculos de electrolisis Neutralización y reacciones que involucran la combinación de iones H^+ y OH^- El mol como una determinada cantidad de sustancia Cálculo de ecuaciones Oxidación y reducción en términos de pérdida y ganancia de electrones Preparación de sales insolubles por precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> Energía libre de Gibbs como fuerza motriz de las reacciones químicas Resolución de problemas en síntesis orgánica Determinación del orden de reacción Preparación y reacción de compuestos orgánicos Cálculo de constantes de equilibrio Buffer y cómo mantener constante el pH de una solución Cálculo de pH, K_a, K_b, K_w Escribir ecuaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Escribir formulas y ecuaciones y hacer cálculos con ellos Trabajos volumétricos que impliquen molaridades Ecuación ión-electrón Número de Abogadro y mol Calor de reacción, ley de Hess y termoquímica Equilibrio Formulación orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> Naturaleza particular de la materia Combinación química Ley de los gases Química orgánica Estructura y niveles de energía del átomo Análisis cualitativo Análisis cuantitativo Velocidad de reacción Ecuación química Compuestos no-metálicos

Tabla 2.1: Tópicos que inicialmente se identificaron como difíciles en los estudios de Ratcliffe (2002) y Bojezuk (1982) en Reino Unido, Johnstone (2006) en Escocia y Jimoh (2005) en Nijeria.

Nivel 1 (n=607)		Nivel 2 (n=424)		Nivel 3 (n=136)		Nivel 4 (n=55)	
Tópico	%	Tópico	%	Tópico	%	Tópico	%
• Ecuaciones químicas	63.9	• Mecanismos de reacciones orgánicas. p.e. adición	57.7	• Cálculo de equilibrio químico	54.9	• Cálculos volumétricos	64.8
• Compuestos iónicos	40.0	• Síntesis orgánica	50.5	• Reacciones redox	53.2	• Concentración de soluciones	63.0
• Compuestos covalentes	39.4	• Cálculo de equilibrio químico	47.2	• Constantes de equilibrio: K_c	49.6	• Cálculo de equilibrio químico	61.0
• Enlace covalente	39.4	• Ácidos carboxílicos	43.1	• Electrolisis	48.0	• Porcentaje de rendimiento	59.3
• Átomo	37.1	• Reacciones de alcoholes	41.1	• Cálculos volumétricos	45.7	• Reacciones redox	56.3
• Numero atómico	35.9	• Estequiometria	40.8	• Formas moleculares	45.3	• Escribir formulas químicas	56.4
• Enlace iónico	33.6	• Grupo carbonilo	40.2	• Concentración de soluciones	44.4	• Análisis de resultados experimentales	51.9
• Isótopos	31.1	• Hidrocarburos, alifáticos y aromáticos	36.4	• Escribir ecuaciones químicas	44.2	• Análisis de resultados experimentales	51.0
• Configuración electrónica	30.1	• Reacciones redox	36.3	• El mol	43.8	• Electrolisis	48.1
		• Cálculos volumétricos	36.0	• Equilibrio	43.1	• Velocidad de reacción: orden de reacción	47.2
						• Formas moleculares	47.2

Tabla 2.2. Tópicos de química que se identificaron como difíciles en diferentes niveles del sistema educativo Irlandés (Childs y Sheeland, 2009). Los tópicos resaltados en negrita son aquellos que se encontrarían en un programa escolar. Los tópicos subrayados son los recurrentes en cada estudio.

Otro caso que podemos tomar modo de ejemplo es el de Chile cuya programación de la química se puede acceder a través de Planes y Programas de Estudio de la asignatura de Química (MINEDUC, 2004; <http://www.educarchile.cl>)¹³ se puede extraer a nivel general tópicos y conceptos que se resumen en las Tablas 2.3 y 2.4.

¹³ A partir de abril de 2009 se ha introducido un ajuste al currículo de ciencias, cuyos objetivos son: Mejorar la secuencia curricular, describiendo el progreso de habilidades y contenidos -acordes al desarrollo de los estudiantes- desde 1° básico a 4° año medio (6-18 años), y actualizar el currículum, de acuerdo al

	NB4 (11 años)	NB5 (12 años)	NB6 (13 años)
Objetivos Fundamentales	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer propiedades de materiales comunes y vincularlas con sus usos, y manejar métodos simples de separación de mezclas y conocer sus usos industriales. • Comprender las propiedades básicas de la materia y manejar magnitudes que permiten cuantificar su estudio. • Describir e interpretar procesos de transformación y transferencia de energía en situaciones cotidianas y experimentales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejar un modelo elemental de átomo y molécula y comprender que toda la materia está constituida por un número reducido de elementos en relación a la multiplicidad de sustancias conocidas. • Explicar fenómenos relacionados con el comportamiento de gases y de líquidos en base a un modelo cinético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender los procesos de transformación físico-química de la materia y saber aplicar a ellos principios de conservación.

Tabla 2.3. Resumen de contenidos relativos a química que se hacen referencia a Planes y Programa para la Educación General Básica.

	NM1(14 años)	NM2 (15 años)	NM3 (16 años)	NM4(17 años)
Objetivos Fundamentales	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el origen químico de algunos procesos del mundo natural y del mundo creado por el ser humano. • Realizar mediciones exactas y precisas a través de actividades experimentales y apreciar su importancia para el desarrollo de la ciencia. • Distinguir las propiedades físicas y químicas de distintos materiales y conocer las modificaciones y límites en que ellas pueden variar. • Experimentar, observar y analizar procesos químicos en contextos diversos. • Discriminar la calidad de información pública sobre asuntos vinculados a la química, valorando la información precisa y objetiva. • Sensibilizarse acerca de los efectos de la acción de la sociedad sobre el medio ambiente y valorar el aporte que puede hacer la química a la resolución de los problemas medioambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender los aspectos esenciales del modelo atómico de la materia. • Conocer el desarrollo histórico del modelo atómico de la materia y apreciar el valor explicativo e integrador de los modelos en ciencia. • Relacionar la estructura electrónica del átomo con su capacidad de interacción con otros átomos. • Reconocer la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos en el contexto cotidiano y entender las nociones esenciales de la química orgánica. • Representar moléculas orgánicas mediante modelos tridimensionales y reconocer los grupos funcionales. • Preparar disoluciones de concentración conocida y relacionarlas con sus propiedades físicas y químicas. • Recolectar, sintetizar y exponer información en forma oral y escrita acerca de procesos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender conceptos básicos de reactividad y equilibrio químico y relacionarlos con reacciones químicas espontáneas del entorno. • Conocer los fundamentos de la estequiometría y hacer cálculos estequiométricos. • Entender los fundamentos de la cinética y describir fenómenos cinéticos simples. • Realizar mediciones controlando más de una variable, valorando la veracidad y rigurosidad en la investigación científica. • Entender los factores que afectan la reactividad en química orgánica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer las consecuencias de las tecnologías nucleares (uso de isótopos y de la radiación) sobre la vida de las personas en diversos ámbitos. • Distinguir entre los procesos de fisión y fusión nuclear. • Conocer aspectos básicos en relación a la estructura, obtención y aplicaciones de polímeros sintéticos. • Relacionar la composición química de polímeros naturales con su estructura y rol biológico. • Comprender los fundamentos químicos de procesos industriales significativos. • Valorar la contribución de la metalurgia a la economía nacional

Tabla 2.4. Bloques de contenidos de química que se proponen para Enseñanza Media

Estos documentos y ejemplos nos proporcionan una información útil sobre: a) las áreas y temas de la química donde se encuentran dificultades de los estudiantes, b) la estructura de los contenidos y c) dónde se centra el énfasis en el estudio y dominio de 'conceptos' y la falta de énfasis en los fenómenos.

desarrollo que han tenido las disciplinas científicas en los últimos años. Así, la educación básica de 1° a 8° año, el proceso de enseñanza-aprendizaje abarcarán cinco ejes para todos los alumnos y alumnas, integrados en el subsector Ciencias Naturales. Durante la enseñanza media, el subsector Biología se hace cargo de los ejes Estructura y función de los seres vivos, y Organismos, ambiente y sus interacciones; el subsector Química, del eje Materia y sus transformaciones; y el subsector Física, de una parte del eje Materia y sus transformaciones y de los ejes Fuerza y Movimiento y La Tierra y el Universo, principalmente. La propuesta de organización en estos 5 ejes entrega una coherencia y articulación lógica en el progreso de los estudiantes sobre el conocimiento científico a lo largo de los 12 años de escolaridad. Y para efectos de esta tesis no se han considerado.

Por tanto, ¿Qué pasa con la química que estamos enseñando? ¿Acaso no existen fenómenos para su estudio? ¿Realmente, estamos tan rodeados de ellos que no logramos ‘verlos’? Todas estas preguntas nos invitan a plantearnos: ¿hasta qué punto el currículo y los programas están enfatizando la promoción de fenómenos cercanos y cotidianos a los estudiantes?

Regresando a los estudios citados, se logra apreciar que las temáticas consideradas difíciles guardan relación con dificultades a nivel matemático; aquellos alumnos que tienen debilidades matemáticas, necesariamente tendrán problemas con los diferentes temas de química.

Los avances en la identificación de estos temas de química son imprescindibles para determinar por qué estos temas de química son difíciles para los estudiantes. Los trabajos de investigación en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje de la química proporcionan una serie de posibles razones, de esta dificultad de las cuales destacamos:

- a) *El desarrollo cognitivo del alumno.* Los avances en esta área indican que los estudiantes al encontrarse en diferentes etapas del desarrollo cognitivo les provoca ciertas dificultades, ya que, un elevado porcentaje de los temas de química requieren que los sujetos encuentren operando en una fase operativa formal debido al carácter altamente simbólico de la disciplina, y al hecho de que ha de operar en diferentes niveles de interpretación; macro, simbólico y micro (Johnstone, 2000)¹⁴.
- b) *Concepciones alternativas.* Los avances en el estudio de las ideas erróneas dan a entender que éstas tienen efectos negativos sobre el aprendizaje de la química porque aumenta la dificultad en el estudio por parte de los alumnos. Temas relativos a la naturaleza de la materia, equilibrio químico y cambio químico son a menudo muy difíciles para los estudiantes a causa de las ideas erróneas que éstos tienen. Estas concepciones "*tienen graves efectos en el aprendizaje posterior*" (Pinarbasi y Canpolat, 2003)¹⁵. Un examen exhaustivo en el ámbito de las concepciones en química se puede revisar en Taber (2002a y 2002b)¹⁶ y Kind (2004)¹⁷.
- c) *La capacidad de procesamiento de la información del alumno.* Los avances en el Modelo de Tratamiento de la Información presentado por Johnstone y colaboradores (1994)¹⁸ explica cómo ciertos temas de la química puede causar

¹⁴ Johnstone A., (2000), Chemical Education research: where from here?, *Univ. Chem. Educ.*, 4, 34-38.

¹⁵ Pinarbasi T. y Canpolat N., (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal Chemistry Education*. 80 1328-1332.

¹⁶ Taber, K. (2002a). *Chemical misconceptions; prevention, diagnosis, and cure* (vol. 1). Royal Society of Chemistry: London.

Taber, K. (2002b). *Chemical misconceptions; prevention, diagnosis, and cure*, (vol. 2). Royal Society of Chemistry: London.

¹⁷ Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. Royal Society of Chemistry: London.

¹⁸ Johnstone A., Sleet, R., y Vianna, F. (1994). An information processing model of learning: Its application to an undergraduate laboratory course in chemistry. *Studies in Higher Education*, 19 (1), 77 – 87.

‘sobrecarga del espacio de trabajo de la memoria’ de los alumnos. Johnstone y Wham (1982)¹⁹ sugieren que la sobrecarga de la memoria de trabajo parece ocurrir cuando el sujeto no logra diferenciar el ‘mensaje’ o la información importante del ‘ruido’- aquella información no esencial- de la información pertinente que el profesor transmite a los alumnos" (Mancy y Reid, 2004)²⁰. Si los estudiantes no pueden procesar la información sobre determinados temas de la química de manera efectiva, percibirán los temas de química difíciles e incomprensibles y ha desarrollar marcos alternativos dentro de la memoria a largo plazo.

- d) *La habilidad matemática del alumno.* Los estudios en este aspecto avanzan sobre las destrezas matemáticas de alumnos. Aquellos que presentan debilidades matemáticas consideran los temas de química más difíciles que aquellos que dicen dominarlas. Se ha reportado que los alumnos sienten ‘*quedar fuera de la ciencia debido a su naturaleza abstracta y de alto contenido matemático*’ (Coll, Ali y Bonato, 2005)²¹. La incapacidad de los alumnos para comprender y manipular proporciones ha sido abordada por McLaughlin (2003)²² donde establece: ‘[...] el *razonamiento proporcional es la capacidad para comparar ratios o la capacidad de hacer declaraciones sobre la igualdad entre los coeficientes [...] la ciencia en secundaria depende en gran medida de la capacidad de razonamiento proporcional*” (p.1).

Los avances en estas cuatro perspectivas podemos encontrarlas en las diferentes ediciones de la revista estadounidense *Journal of Chemistry Education*, o en las revistas británicas *Chemistry Education Research and Practice* e iberoamericanas como *EduQ* y *Educación Química*. Retomando el primer punto, sobre la interrelación en la que operan los tres niveles de pensamiento: a) el macro y tangible, b) el micro sub-atómico y molecular, y c) la representación por medio de símbolos y el uso de las matemáticas, se reconoce que es una locura psicológica para los estudiantes introducir estas ideas en los tres niveles simultáneamente. Aquí reside el origen de muchos malentendidos. El químico entrenado puede mantener un equilibrio entre estos tres, pero no el alumno.

Estas perspectivas invitan a explorar posibilidades para un plan de estudios con diferentes enfoques en términos de: a) cómo aprenden los estudiantes b) sus ideas previas, c) los campos conceptuales asociados c) la función del laboratorio y, d) nuevas propuestas curriculares.

2.1.2. Cómo aprenden química los estudiantes.

Ya que tenemos que entrar en la mente del alumno, y pensar en cómo van a recibir nuestra enseñanza de la química, presentamos a continuación los avances en el marco

¹⁹ Johnstone, A., y Wham, A. (1982). Demands of Practical Work, *Education in Chemistry*, 19(3), 71-73.

²⁰ Mancy R. y Reid N., (2004), Aspects of cognitive style and programming, paper presented at the 16th workshop of the Psychology of Programming Interest Group, Carlow, Ireland.

²¹ Coll, R., Ali S. y Bonato, J. (2006). Investigating first year chemistry learning difficulties in the South Pacific: a case study from Fiji, *Int. J. Sci. Math. Educ.*, 4, 365-390.

²² Mc Laughlin, S. (2003). Effect of modelling instruction on the development of proportional reasoning II: [online], disponible en: http://modeling.asu.edu/modeling/McLaughlinS_PropReas-II_03.pdf [acceso 23 Julio 2007].

del cómo aprenden los estudiantes. En esta línea podemos destacar la compilación desde la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, desde una perspectiva constructivista en Taber (2006)²³. Podemos encontrar en Bodner (1986)²⁴ versión más compacta, según en cita de Ausubel: *'El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe'* (1968)²⁵. Cuando enseñamos, tenemos que recordar que los nuevos hechos y las ideas que se proponen no se incorporan directamente a la mente del estudiante sin una previa transformación si no que tienen que instalarse en las estructuras ya existentes en la mente.

Por otro lado, el origen del aforismo: *'el conocimiento no se transmite de forma intacta de un individuo a otro'* puede ser atribuido a Piaget (1973)²⁶ que estudió el desarrollo intelectual de los niños. Sus influyentes ideas formaron la base para muchas de las teorías sobre el cómo se aprende, y llevó en parte al desarrollo del concepto que ahora se conoce como *constructivismo*. Para los interesados en profundizar más sobre las aplicaciones de las ideas de Piaget a la enseñanza de la química, el trabajo de Craig (1976)²⁷, o los más de catorce trabajos publicados en el *Journal of Chemical Education* recogidos por Herron (1984)²⁸ proporcionan una visión bastante amplia del tema. Regresando al trabajo de Bodner, rescatamos una frase que comprime toda la teoría constructivista: *'el conocimiento (p.e., químico) es construido en la mente del alumno'*. Para ampliar esta idea hemos seleccionado algunas citas:

[...] Los alumnos construyen su comprensión. No son simplemente espejo y reflejo de lo que se les dice o de aquello que leen. Los alumnos buscan el sentido y tratarán de encontrar aquella regularidad y orden en los acontecimientos del mundo, incluso en ausencia o presencia de la información [...] (von Glasersfeld, 1984; Cardellini, 2006)²⁹.

[...] Cada uno de nosotros recibe una señal del medio ambiente a través de uno de nuestros órganos sensoriales, la señal se interpreta de acuerdo con algunos 'esquemas' o modelo que hemos construido, y luego es incorporado en forma modificada como nuevo conocimiento [...] (Herron, 1984).

²³ Taber, K. (2006). Beyond Constructivism: the Progressive Research Programme into Learning Science. *Studies in Science Education*, 42(1) 125 – 184.

²⁴ Bodner, G. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *J. Chem. Educ.*, 63, p. 873.

²⁵ Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View* (2^{da} ed.), Holt, Rinehart & Winston: New York, (1^{ra} edición, Ausubel, 1968).

²⁶ Piaget, J. (1973). *The Child's Conception of the World*. St. Albans: UK (1^{ra} edición por: Routledge & Kegan Paul, 1929).

²⁷ Craig, B. (1972). The philosophy of Jean Piaget and its usefulness to teachers of chemistry. *J. Chem. Educ.*, 49, 807.

²⁸ Herron, J. (1984). Using research in chemical education to improve my teaching. *J. Chem. Educ.*, 61, 850.

²⁹ von Glasersfeld, E. (1984). An introduction to radical constructivism. En Watzlawick, P. (ed.) *The invented reality*. p. 17-40. Norton: New York.

Cardellini, L. (2006). The Views and Influence of Ernst Von Glasersfeld: An Introduction. *Foundations of Chemistry*, 10, 129–134.

[...]Cuando los aprendices tienen diferentes marcos teóricos de los asumidos por el profesor, estos pueden parecer diferentes (o errores), hacer diferencias ó interpretaciones erróneas, ó a veces incluso negar vehementemente evidencia observacional de los conflictos, ante sus propios puntos de vista. [...] (Gunstone, 1991)³⁰.

El modelo constructivista descarta la visión tradicional sobre correspondencia entre conocimiento y realidad. Más bien se refiere a cómo se aproxima este constructo a la realidad (Izquierdo y Aliberas, 2004)³¹. Así, cuando el alumno se enfrenta con nueva información '*lo único que importa es si el conocimiento que se construye funciona de manera satisfactoria en el contexto en el que surge*' (Bodner, 1986). Por lo tanto, los individuos pueden construir imágenes diferentes de la realidad a partir de la nueva información. Según Hodson (1996)³², con referencia de trabajo de laboratorio, '*las predicciones, las percepciones y las explicaciones están muy influenciados por la comprensión conceptual previa, los estudiantes que tienen diferentes marcos de significado llevan a cabo investigaciones diferentes, que corresponden a diferentes resultados de aprendizaje*'. Para los maestros, esta visión sobre cómo se construye el conocimiento les anima a descubrir más acerca de lo que los alumnos ya entienden, para construir sobre lo que ya saben, aunque esto sea más difícil por el hecho de que cada uno de los estudiantes cuenta con diferentes puntos de partida. En cualquier caso, saber lo que los estudiantes comprenden, es sólo el primer paso para hacer '*conexiones entre lo que estamos haciendo y lo que se entiende*' (Herron, 1984).

La adopción del modelo constructivista nos exige aceptar que no se puede transferir a las mentes de nuestros estudiantes lo que tenemos en nuestra propia mente. Nuestra propia mente no contiene la realidad, pero los modelos de la realidad que hemos cuidadosamente construido por nosotros mismos constituyen una abreviatura conveniente para tratar estos modelos como si fueran la realidad. Un problema que resulta es que muchos de los estudiantes de química no parecen darse cuenta de que sus conceptos de los átomos y las moléculas son en realidad modelos que han de contrastar con los fenómenos, y que se desarrollan desde principios simples a conceptos complejos. Casi todas las etapas en el desarrollo de nuestra comprensión actual de este tipo de reacciones han implicado una intensa polémica entre los químicos de la época. A menudo parece lógico que un químico con experiencia (que aparentemente ya ha construido este conocimiento en su propia mente), incorpora fácilmente los avances ante una información más actualizada sobre el modelo. No obstante la misma situación está un tanto distante a las acciones de los estudiantes. El problema es que los estudiantes no cuentan con un marco adecuado a partir del cual puedan construir un

³⁰ Gunstone, R.F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. En Woolnough, B.E. (Ed.), *Practical science: The role and reality of practical work in school science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.

³¹ Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004). Pensar, actuar i parlar a classe de ciències. Bellaterra: Servei de publicacions, UAB.

³² Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115 – 135.

modelo complejo. Han de contar con lo que Taber (2000)³³ describe como un *'andamio'* (scaffold) más fácil de asimilar si el modelo se desarrolló de manera gradual, por etapas, antes de mostrar cómo tiene que ser modificado para tener en cuenta más observaciones (Merino y Sanmartí, 2008)³⁴.

2.1.3. Las ideas de los estudiantes sobre cambio químico

Las concepciones de los alumnos y alumnas constituyen el objeto de estudio de una línea de investigación más desarrollada en la didáctica de la química (y de las ciencias experimentales), véase como ejemplo el número 7 de *Alambique* (AAVV, 1995, que recoge experiencias e investigaciones ibéricas), Giordan y de Vecchi (1988, quienes recogen experiencias e investigaciones francófonas³⁵) y Kind (2004, quien recoge experiencias e investigaciones anglosajonas). El contenido de tales concepciones, obtenidas con diferentes instrumentos y diferentes situaciones de producción, constituye el grueso de la gran cantidad de información disponible, junta con un amplio abanico de posibles factores causales ligados a aspectos cognitivos, culturales y propiamente conceptuales (Solsona, 1998)³⁶. Si en el análisis de lo que los alumnos y alumnas dicen sobre el cambio químico tenemos en cuenta variables tales como la caracterización del estado inicial y final, lo que cambia y se conserva en el proceso y otras condiciones o características de estos fenómenos, podemos señalar diferentes formulaciones de sus ideas, siguiendo la estructura planteada por Rosa Martín del Pozo (1998)³⁷.

Sin embargo, para hacernos una idea más clara de cómo se ha desarrollado la línea de investigación, es necesario recurrir a ciertos indicadores que nos den información más precisa sobre el tema. Uno de los indicadores son los *Handbooks*. De esta manera, en el *Handbook of Research on Science teaching and Learning* de Gabel (1994) aparece un capítulo de Wandersee, Mintzes y Novak³⁸, el cual presenta una muy extensa compilación de las investigaciones sobre las concepciones alternativas de los estudiantes, así como los principales modelos de aprendizaje que actualmente se proponen en la didáctica de las ciencias (cambio conceptual y aprendizaje significativo). Dentro de las aproximadamente 400 referencias una buena fracción corresponde a concepciones en el dominio de la química. En el segundo *International Handbook of Science Education* de Tobin y Fraser (1998), Gabel presenta su capítulo *'The complexity*

³³ Taber, K. S. (2000). Chemistry lessons for universities?: A review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4 (2), 26-35.

³⁴ Merino, C. y Sanmartí, N. (2008) How young children model chemical change? *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9, 196-207.

³⁵ Giordan, A., y de Vecchi, G. (1988) *Los Orígenes Del Saber: De Las Concepciones Personales A Los Conceptos Científicos*. Díada: Sevilla

³⁶ Solsona, N. (1998) L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.

³⁷ Martín del Pozo, R. (1998). La construcción didáctica del concepto de cambio químico. *Alambique*, 17, 65-75.

³⁸ Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., Novak, J. D. (1994). Learning: Alternative conceptions. En D. L. Gabel (Ed.), *Handbook on Research in Science Teaching* (pp. 177-210). A project of the National Science Teachers Association. New York: Macmillan.

*of chemistry and implications for teaching*³⁹ destacando, desde el punto de vista constructivista, los estudios sobre interacciones sociales entre profesores y estudiantes así como los llevados a cabo sobre el estudio de los modelos mentales, los mapas conceptuales y las analogías, y también sobre la influencia que está ejerciendo el uso de las TIC, las prácticas de laboratorio así como los currículos de química centrados en enfoques CTS.

En este mismo ámbito, en la 7th versión del ESERA2009 (European Science Education Research Association) y en la 9th versión de ECRICE2008 (European Conference Research in Chemistry Education) se ha abierto el debate sobre las maneras de mirar las concepciones en la búsqueda de las *'missingconception'* (concepciones perdidas o las que faltan) más que continuar indagando sobre *'misconception'* (concepciones de los alumnos sobre ciencia).

No obstante, a modo general cada aprendiz en química tiene sus propias maneras de mirar un fenómeno y de hablar de él. Los estudiantes piensan *'sobre'* o *'en términos'* de reacciones químicas y tienen sus propias maneras y lenguajes para mirar un fenómeno. Numerosos estudios han emprendido la tarea de catalogar estas maneras de mirar. Así nos enseñan los trabajos de Andersson (1986, 1990)⁴⁰, Méheut Saltiel y Tiberghien (1985)⁴¹, de Vos y Verdonk (1987a), de Vos (1985a, b, 1986, 1987b,)⁴² y por citar algunos ejemplos. De estos intentos de catalogación, cinco categorías de respuestas, o transformación de modelos, se puede distinguir de entre los trabajos citados; desaparecer (A), desplazar (B), modificar (C), transmutar (D) y reacción química (E). Las características de A, B, C y D corresponden a aquellos alumnos que no imaginan nuevas sustancias. En sus discursos nuevas propiedades aparecen y desaparecen, como resultado de un cambio que es distinto en la sustancia (material) original, o en cada una de las sustancias (o materiales) involucradas por separado. La sustancia (material)

³⁹ Gabel, D. (1998), "The complexity of chemistry and implications for teaching", in B.J. Fraser, K.G. Tobin (Eds), *Handbook of Research in Science Education*, pp.233 - 248. London: Kluwer Academic Publishers.

⁴⁰ Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70, (5) 549 - 563.

Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16) *Studies in Science Education* 18, 53 - 85.

⁴¹ Meheut, M, Saltiel, E. y Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11 - 12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7, 83 - 93.

⁴² de Vos, W., y Verdonk, A. (1987a). "A New Road to Reactions, Part 4, The Substance and its Molecules", en *Journal of Chemical Education*, 64. pp. 692-694.

de Vos, W. (1987b). "A New Road to Reactions, Part 5, The Elements and its Atoms", *Journal of Chemical Education*, 64, pp. 1 010-1 013.

de Vos, W. (1986). "A New Road to Reactions, Part 3, Teaching the Heat Effect of Reactions", *Journal of Chemical Education*, 63, pp. 972-974.

de Vos, W. (1985a). "A New Road to Reactions, Part 1", *Journal of Chemical Education*, 62, pp. 238-240.

de Vos, W. (1985b). "A New Road to Reactions, Part 2", *Journal of Chemical Education*, 62, pp. 648-649.

original puede, por si misma, interactuar con otra sustancia, pero no necesariamente formar una nueva sustancia. Esta manera de categorización y desarrollo ha sido sugerida por los trabajos de Pfund y Duit (1994)⁴³, Shollum (1982)⁴⁴ y Méheut *et al.* (1985). Más tarde, Andersson (1986, 1990) propone hablar de niveles de descripción de los cambios ofreciendo cuatro cotas. Así las descripciones formuladas por los estudiantes cabrían en respuestas *formuladas como tal* (nivel I), basadas *sobre un problema* (nivel II) o en *más de un problema* (nivel III) y en *descripciones* (nivel IV). Las diferencias entre los niveles son complementarias. Desde entonces, los estudios entorno a las maneras de mirar de los estudiantes de química (ideas previas, concepciones en química) han girado en torno a estas categorías y niveles (Prieto y Watson, 2007)⁴⁵.

No obstante, desde otro punto de vista, el poder recursivo de la mente nos conduce a formular nuevas preguntas. La mente tiene el poder de estructurar una misma situación de muchas maneras distintas⁴⁶. Domina la forma en que construimos los sucesos más sencillos, más concretos y más inocuos de la vida cotidiana. En términos de Pinker (2007), construir y deconstruir es un poder básico de la cognición, mostrando los elementos que componen cada constructo, y sus peculiaridades. Partimos de esta idea a consecuencia de una sentencia establecida por Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy (1996) en cuanto se refieren a qué es necesario entender a la hora de explicar ciencias:

[...] No existen datos a partir de los cuales establecer el modo en el que ha de realizarse una explicación o cuáles son los diferentes modos de llevarla a cabo. No existe ninguna teoría compartida sobre lo que supone que es una explicación, excepto en lo que se refiere a términos del sentido común tales como “clara” o “confusa”, “complicada” o “simple”[...] (p.17).

La afirmación de los autores emerge tras comparar diferentes casos de explicaciones de docentes, para orientarlos sobre su propia actividad discursiva en el aula. Se considera la discusión de la química en el aula como una “iniciación” de los alumnos en el discurso científico. Aprender química para ‘hablar de química’ (Sanmartí e Izquierdo, 2002)⁴⁷. Se diferencia entre conocimiento científico y cotidiano; el conocimiento científico contempla el mundo de manera diferente, llenándolo de nuevas entidades, cuyos significados y entidades han de aprenderse, y por otro lado, las explicaciones cotidianas

⁴³ Pfund, H. y Duit, R. (1994). *Student's alternative frameworks and science education* (4a ed. IPN Reports-in-Brief). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.

⁴⁴ Shollum, B. (1982). *Reactions: Working Paper of the Learning in Science Project*, Núm. 37, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.

⁴⁵ Prieto, T. y Watson, R. (2007). Trabajo práctico y concepciones de los alumnos: la combustión. En Izquierdo, M., Caamaño, A., y Quintanilla, M. (eds) *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 115-140) Bellaterra: Servei de publicacions, UAB.

⁴⁶ Pinker, S (2007) *El mundo de las palabras. Una introducción a la naturaleza humana*. Barcelona: Paidós.

⁴⁷ Sanmartí, N., e Izquierdo, M. (2002). *El lenguaje y la experimentación en las clases de Química. Aspectos didácticos de física y química*. pp. 41-88. Universidad de Zaragoza, Instituto de Ciencias de la Educación.

se presentan en términos de entidades familiares haciendo cosas conocidas. De ello se deriva que buena parte de las explicaciones en la clase de química no tratan de la explicación de los fenómenos, sino de los recursos (descripciones, definiciones, conceptos) que necesita el alumno para poder explicar dichos fenómenos.

En una revisión del tema, Carles Furió y colaboradores (2006: p. 67)⁴⁸ presentan algunas de las características encontradas en estas maneras de mirar:

1. Están ampliamente representadas en el aprendizaje de las diferentes áreas científicas.
2. Las más estables están organizadas en esquemas conceptuales coherentes y son más resistentes a la enseñanza habitual.
3. Algunas se parecen a ideas existentes en épocas pasadas de la historia de la ciencia. En nuestros estudios hemos encontrado que algunos niños de 1er grado al dibujar una reacción química y representar la manifestación de la luz y el fuego (combustión del magnesio), estos están en el interior del material y simplemente son liberados (Merino y Sanmartí, 2008)⁴⁹. Esta forma de explicar sintoniza con la idea de flogisto introducido por Becher en el siglo XVII y popularizada por Stahl como “principio inflamable”; es decir, la formación de la cal se podía explicar, al igual que la combustión, como un desprendimiento de flogisto, el cual se liberaba del metal y dejaba la cal o la ceniza al descubierto.

Benarroch (1998:25-33)⁵⁰, sobre los problemas teóricos y metodológicos en la línea señala:

1. Aunque los datos aportados por esta línea de investigación son tan abundantes e indiscutibles, su interpretación es discutible, pues, aceptando nuestra propia epistemología constructivista cada investigación lo hace en función de su propio marco teórico, habiendo cuenta que este no está consensuado (recursividad). Si bien los primeros estudios sobre las concepciones se deben al propio Piaget, la preocupación central de este autor no fue conocer las ideas sobre un determinado contenido, sino conocer las estructuras lógicas que subyacen a la evolución del conocimiento. Su interés estuvo más centrado en las manifestaciones generales del conocimiento más que en las específicas. Por tanto de la Teoría Piaget podría deducirse que las concepciones son problemas de asimilación de los distintos esquemas cognoscitivos, lo que provoca que determinados datos sean deformados para posibilitar su asimilación a los ya existentes.
2. Las concepciones tienen un carácter personal, es decir, son elaboradas de modo más o menos espontáneo en la interacción con el mundo.

⁴⁸ Azcona, R., Guisasola, J., Furió, C. (2006) Enseñanza de los conceptos ‘cantidad de sustancia’ y de mol basado en el aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*. 24(1) 43-58.

⁴⁹ Merino, C. y Sanmartí, N. (2008). How young children model Chemicals change. *Chemistry Education Research and Practice*. 9, 187-195.

⁵⁰ Benarroch, A. (1998). Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia. Descripción, análisis y predicción de características y dificultades. Tesis Doctoral, Granada: UG.

3. Son compartidas por personas de distintas procedencias culturales (universalidad y persistencia)
4. Están dominadas por lo perceptivo.
5. Existe una fuerte acentuación a un razonamiento lineal causal, tanto espacial como temporal.
6. Se suelen evaluar las transformaciones producidas por varias causas que interactúan según una dirección preferente o dando prioridad a una de las causas más visibles. En consecuencia la reversibilidad de un proceso es difícilmente apreciada.
7. Las situaciones donde no hay un efecto perceptible no requieren causas para ser explicadas. Dicho de otro modo, los alumnos tienden a explicar los cambios, no los estados.

Junto a las anteriores se podrían citar otras que no aparecen en el las características consensuadas entre los investigadores del Movimiento de las Concepciones Alternativas (MCA), de las cuales Benarroch destaca:

1. La coherencia interna de las concepciones, considerando bajo este término la lógica interna de las mismas. Es decir, el grado de coherencia o de incoherencia de las concepciones alternativas sobre las que se está investigando. Por un lado la coherencia para el sujeto que las utiliza, pero si se valoran usando como referencia el pensamiento científico las explicaciones espontáneas del sujeto aparecen contradictorias y particulares en cada situación (Pintó *at al*, 1996)⁵¹.
2. Otro carácter se refiere al significado que otorgan los alumnos a un concepto; lo utilizan con distintos significados, sin que esto les suponga una contradicción.
3. El carácter dominado por lo perceptivo y aparente de las concepciones alternativas es explicado según las vivencias individuales y personales del sujeto con su entorno. No obstante no debemos olvidar la influencia del contexto lingüístico y cultural (Llorens y de Jaime, 1987)⁵².

Inicialmente los trabajos se orientaron a alcanzar un cambio en las concepciones o cambio conceptual y se estudiaron las posibles estrategias para lograrlo; posteriormente se ha reconsiderado la complejidad de los procesos de aprender ciencia. Actualmente se reconoce que no es suficiente intentar que los alumnos cambien sus concepciones alternativas, sino buscar que desarrollen una comprensión de los fenómenos, en la que se consideren los ejes axiológico y epistemológico, integrando pensamiento, lenguaje y acción (Izquierdo, 2004). Se da importancia al aprender a hablar y escribir ciencias, como también a argumentar (Sutton, 1992; Lemke, 1997). Igualmente importante es la reflexión sobre la construcción del conocimiento científico como actividad humana y contextualizada y a la comprensión de esta actividad (Izquierdo y Adúriz- Bravo, 2003).

Es en este contexto, que se identifica como un área de investigación, una de las líneas de trabajo consiste en el diseño y el análisis de actividades didáctica. En ellas se busca un enfoque integral que considere como al actor central al alumno, sin dejar de lado el papel del docente como gestor y guía de las actividades y considerar el carácter

⁵¹ Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232.

⁵² Llorens, J. y de Jaime, M. (1987). El medio cultural y la formación de los conceptos científicos: una aproximación lingüística. *Infancia y aprendizaje*. 39/40, 47-55

específico del contenido. En este cambio de paradigma, el diseño de actividades didácticas se revela no sólo como un ámbito de investigación sino también de innovación. Muchas investigaciones en esta área se centran en el diseño, aplicación y análisis de secuencias para la enseñanza de temas específicos, muchas veces insertos en programas de desarrollo de materiales y de investigación-acción, buscando no sólo la comprensión sino la modificación de las prácticas.

Uno de los retos actuales es precisamente la vinculación entre innovación e investigación. El compromiso se presenta en una doble vertiente, por un lado encontrar mejores formas de hacer y por otro, estudiar las nuevas propuestas para comprenderlas, sistematizarlas y difundirlas (Gómez, 2006)⁵³. La didáctica se concibe por algunos autores como una tecnociencia (Adúriz- Bravo e Izquierdo, 2005), donde el diseño de actividades didácticas efectivas pasa a ser tema de investigación. He aquí nuestra diana e interés. Si bien, innovación educativa e investigación empiezan a ir de la mano falta camino por andar. Actualmente son numerosas las revistas de investigación que incluyen en su título la idea de “innovación educativa” o que dedican una sección a ésta, así como son numerosos los congresos que alrededor de este tema se están organizando en todo el mundo.

2.1.4. El campo conceptual asociado al cambio químico

Una aproximación histórica al concepto de cambio químico (desde las primeras ideas de la materia y los cambios hasta la actual ‘cuantización y matematización’ de los conceptos químicos) permite apreciar un proceso no lineal, no acumulativo y discontinuo, en el cual se detectan interpretaciones que dificultaron el avance en la interpretación de los fenómenos químicos. (Puede consultarse un análisis histórico completo en castellano por Martín del Pozo, 1994⁵⁴; en francés por Martinand, 1986, p. 154-174⁵⁵ y en inglés en Gilbert et al, 2002⁵⁶). Siguiendo a Martín del Pozo una síntesis de estos obstáculos se puede centrar en: a) Obstáculos en el proceso de construcción del conocimiento y la forma en que ha sido superados, b) las diferentes formulaciones del concepto de cambio químico, organizadas en tramas conceptuales.

a) Dificultades en la conceptualización (obstáculos)

Bachelard (1938/1974; 15)⁵⁷, plantea que los químicos experimentales del siglo XVII y XVIII debieron superar los obstáculos epistemológicos aparecen asociados a la

⁵³ Gómez, A (2006) Estrategias de organización de los actores del cambio educativo en la enseñanza de las ciencias en educación básica. En Singh, K., Gómez, A y Escamilla, J (eds.) *Ter Simposio Nacional de Investigación sobre Innovación Educativa*, 179-188. Grafo Print: Ciudad de México.

⁵⁴ Martín del Pozo, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación del profesorado. Estudios de las concepciones disciplinares y didáctica de los estudiantes de Magisterio*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

⁵⁵ Martinand, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Collection exploration recherches en sciences de l'éducation. Peter Lang: Berne.

⁵⁶ Gilbert, et al. (2002). *Chemical education. Towards research-based practice*. Kluwer Academic Publisher: Dordrecht

⁵⁷ Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin [Traducción al castellano: La formación del espíritu científico. Contribución de un psicoanálisis del conocimiento objetivo (1974, 3d.) Siglo XXI: Madrid].

influencia de lo perceptivo derivados de las propiedades de las sustancias. Estudios didácticos que incorporan revisiones históricas de los conceptos relacionados con la materia y los cambios químicos, hacen referencia a dos obstáculos fundamentales (Llorens, 1991)⁵⁸:

- La sustancialización de las propiedades que conllevan un planteamiento del cambio químico como transformación de las propiedades de las que son portadoras las sustancias, sin admitir un cambio de entidad.
- El mecanicismo que explica las propiedades de las sustancias en función de una traslación de esas mismas propiedades al nivel micro, de manera que el cambio químico es consecuencia de cambios de forma, tamaño o movimiento de los átomos.

Si bien se podría elaborar todo un discurso a partir de estas dos ideas una reflexión que se ha venido realizando apunta hacia una perspectiva que podría emerger de la interpretación de estos 2 obstáculos. Se refiere a una manera de organizar el discurso: las metáforas. Esta mirada que nos la presenta Astolfi (2008)⁵⁹, siguiendo que el uso de las metáforas es habitual al convertir conocimiento, los sujetos usamos metáforas. En este proceso a veces ocurre que se confunde la metáfora con la realidad. Se trata por tanto, de llegar a una metáfora apropiada a partir del experimento del *qué tengo, qué hago, qué pasa, por qué pasa, hasta cuándo pasa*.

b) Las tramas conceptuales

Los avances en torno a marcos conceptuales nos vienen de la propia química y de su historia. Siguiendo a Martín del Pozo (1998)⁶⁰, estos se podrían centrar en:

- *Avances en un marco conceptual operativo*, asociado a un enfoque 'microscópico' de la materia y los cambios, en los que es posible definir el cambio químico, tanto cualitativa como cuantitativamente, en oposición a los cambios físicos. Los conceptos claves o estructurantes son los de sustancia pura o elemento químico, que permiten una conceptualización cualitativa de los cambios químicos como transformación de la identidad de las sustancias, definidas por su composición y conservación de los elementos que las forman; mientras que los cambios físicos (mezclas) la identidad de las sustancias se conserva. Estos conceptos también posibilitan una versión cuantitativa según la cual en los cambios químicos la proporción ponderal de las sustancias iniciales es una constante, mientras que las mezclas son una variable.
- *Avances en la teoría atómico-molecular* desarrollada durante el siglo XIX. Los conceptos clave son el átomo, en relación con el elemento químico, y el de ion, que permite una primera aproximación al enlace químico. El concepto de átomo, dentro de la teoría atómico-molecular, permite asociar un elemento con un tipo de átomo y describir los cambios químicos como transformaciones en la forma de organizarse los átomos de los elementos. El resultado es que se producen

⁵⁸ Llorens, J. (1991). *Comenzando a aprender química, ideas para el diseño curricular*. Visor: Madrid.

⁵⁹ Astolfi, J.P. (2008). Seminario Herrer. CosmoCaixa.

⁶⁰ Martín del Pozo, R. (1998). La construcción didáctica del concepto de cambio químico. *Alambique*, 17, 65-75.

nuevas sustancias. Está asociado a un enfoque discontinuo de la materia a nivel cualitativo.

- *Y finalmente, avances en un marco conceptual basado en la teoría cuántica* del siglo XX. El concepto clave en este marco vuelve a ser el átomo pero desde el punto de vista de su estructura electrónica. Los conceptos de ion y de enlace químico permiten una primera explicación de la materia a nivel estructural (modelos atómicos más elementales) y no sólo en términos de composición. De esta forma, los cambios químicos suponen una interacción entre los átomos en la que se rompen y se forman nuevos enlaces, para lo que se requiere un flujo de energía. Están asociados a la discontinuidad de la materia y de la energía.

Nos podemos encontrar con un juego dialéctico: qué es primero el concepto o el fenómeno; o preguntarnos primero por el fenómeno y luego el concepto. Abordaremos brevemente los avances en torno a las ideas de los estudiantes sobre el cambio químico en el siguiente bloque.

2.1.5. La química y la actividad experimental

En referencia al laboratorio, la actividad experimental constituye lo más importante para la enseñanza de la química, puesto que permite aproximarnos a los fenómenos. Su importancia radica en: la familiarización, observación e interpretación de los hechos, que son el objeto de estudio de la clase; el contraste de hipótesis en los procesos de modelización; el aprendizaje del manejo de instrumentos, técnicas de laboratorio y de campo; la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos, y en definitiva, la comprensión fundamental de la química (Caamaño, 2003). Los avances en este tema tratan de abrir espacios de reflexión, para que el alumno desarrolle sus habilidades. Para profundizar estas ideas se pueden revisar los trabajos que se han desarrollado en la línea *trabajo en el laboratorio o labwork*: Séré (1999, 2002), Tobin, Tippins y Gallard (1993), Wellington (1998), Woolnough y Allsop (1985) y White (1996⁶¹) presentan diversas perspectivas sobre aquellos 'actos' que repercuten directamente en la actividad experimental.

Los avances de Driver (1988)⁶² y Nunziati (1990)⁶³ señalan que cada persona posee un sistema de aprender, que ha ido construyendo progresivamente de manera autónoma a

⁶¹ Séré, M.G., (1999) Learning science in the laboratory: Issues raised by the European Project "Labwork in Science Education". In Bandiera, M. Caravita S., Torraca, E., Vicentini, M., (Eds.) *Research in Science Education in Europe*. Dordrecht: Kluwer, 165-175.

Séré, M.G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the European project Labwork in Science Education. *Science Education* 86 (5), 624-644

Tobin, K., Tippins, D., y Gallard, A. (1993) Research on instructional Strategies for Teaching Science. En, Gabel D. (Ed) *Handbook of research on science teaching and learning*. NY :Macmillan pp 45-93

Wellington, J. (1998) (Ed): *Practical work in school science - Which way now*. London: Routledge.

Woolnough, B. y Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

White, R.T. (1996). The link between laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.

⁶² Driver, R. (1988). Hacia un enfoque constructivista de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 109-120.

lo largo de los años, el cual lidia con un sistema tradicional de enseñanza que responde a una visión estática de la naturaleza de la ciencia y reproductiva desde la lógica de la evaluación, pero esto no contribuye a una enseñanza científica comprensiva para interpretar los fenómenos del mundo con teoría y favorecer su transformación y desarrollo (Quintanilla, 2003)⁶⁴.

2.1.6. Nuevas propuestas curriculares

a) En los textos escolares

Se ha avanzado suficiente en trabajos que se han ocupado de los libros de texto en química como para tentativamente centrarlas en ámbitos. Las investigaciones que se han realizado guardarían relación con:

1. Selección de contenidos, tipo de actividades y estrategias. Los avances en esta perspectiva van desde la inclusión, aportes y 'ambientación' de la historia de la química para la enseñanza del cambio químico (Merino y Quintanilla, 2008)⁶⁵, tratamiento didáctico del libro de texto (García 2004; Izquierdo y Rivera, 2004)⁶⁶, maneras de analizar particularidades el texto escolar respecto al cambio químico (Izquierdo, 1994)⁶⁷
2. Deficiencias y carencias. Los avances se centran en análisis del nivel de formulación y de los referentes empíricos propuestos, revela una gran diversidad de planteamientos didácticos, que no siempre son coherentes ni con las prescripciones curriculares ni con los resultados de las investigaciones didácticas. (Blanco y Carrasquilla, 2008; Martín del Pozo, 2003)⁶⁸
3. Ilustraciones y representaciones icónicas sobre el cambio químico. Los avances se centran en análisis de la adecuación de las imágenes e ilustraciones a los fundamentos teóricos de los temas químicos abordados. Las relaciones texto-imagen son escasas, a favor el texto expositivo. (Matus, Benarroch y Perales, 2008; Perales, 2006; Perales y Jiménez, 2004)⁶⁹.

⁶³ Nunziati, G. (1990). Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice. Cahiers pédagogiques, 280, 47-64.

⁶⁴ Quintanilla, M. (2003). Hablar y escribir la didáctica hoy: del modelo ingenuo al modelo crítico productor de conocimiento. Revista REXE, 3, 69-82. Concepción.

⁶⁵ Merino, C. y Quintanilla, M. (2008) Consensuando criterios sobre el uso de la historia de la ciencia en la enseñanza. *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. 1 (2), 89-96.

⁶⁶ García, A. (2004). Introducción a la configuración electrónica de los átomos en los niveles básicos de enseñanza. *Alambique*, 40, 25-34.

Izquierdo, M. y Rivera, L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias. *Alambique*, 11, 24-33.

⁶⁷ Izquierdo, M. (1994). La V de Gowin, un instrumento para aprender a aprender (y a pensar). *Alambique*, 1, 114-124.

⁶⁸ Blanco, A. y Carrasquilla, A. (2008) La combustión en los libros de texto de educación primaria: ¿ayuda u obstáculo para el aprendizaje? XXIII Encuentros Didáctica de las Ciencias Experimentales. pp. 1014-1024. Almería.

Martín del Pozo, R. (2003) Análisis del concepto de cambio químico en los libros de texto de educación primaria. *Rev. Chil. Educ. Cient.* 1(2), 16.

⁶⁹ Matus, L., Benarroch, A. y Perales, F. (2008) Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2) 153-176.

Perales, F. (2006). El uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1) pp. 13-30.

4. Comprensión de la información y visión de la química como ciencia. Los avances se centran en la visión de ciencia que proporcionan los libros de textos, que a posteriori son difundidas en la clase. (Furió, Azcona y Guisasola, 1999; Agudelo, 2009)⁷⁰.

Como curiosidad dejamos abierto el debate sobre la dificultad en encontrar en un libro de texto la afirmación “*el cambio químico es:...*”. Parece ser que cada libro de texto escolar en química cuenta con su propia retórica y forma de organizar su discurso (Izquierdo, 2005c)⁷¹. Cada entidad química es presentada a través de diferentes recursos y hechos, y el cambio químico *es algo* que ocurre sobre la materia pero que pierde conexión con las entidades que se refieren más bien a la estructura de los materiales.

Se han estado desarrollando avances de sobre el Modelo de Materiales y de Cambio Químico, en el seno de comunidad de la Didáctica de las Ciencias. A modo de ejemplo en el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales de la UAB se ha venido avanzado desde una visión de Modelo Teórico, que permita para pensar e intervenir en el mundo (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005). Los avances sobre estas dos visiones (modelo de materiales y de cambio químico) aparecen entre mezcladas en los libros de textos y materiales y son difíciles de separar.

El libro de texto en química, es una vía para dar a conocer los símbolos y las inscripciones con los cuales la disciplina se refiere a los fenómenos. Pero la construcción del lenguaje de la disciplina a seguido un largo camino, desde sus orígenes equívocos (charlatanes y magos) hasta los reconocido esfuerzos de hombres y mujeres para crear una elegante gimnasia de la mente para el dominio de los materiales. Presentar avances sobre este enfoque es complejo, a causa de que sus matices se entremezclan con las analogías para la enseñanza de la química (Oliva- Martínez y Aragón-Méndez, 2009)⁷².

b) En la enseñanza de la química basada en la modelización

La enseñanza de la química suele estructurarse adoptando los ‘modelos’ como eje vertebrador del repertorio de finalidades, contenidos y criterios de evaluación de la enseñanza. De hecho, suele considerarse importante que los alumnos aprendan modelos, sepan cómo usarlos y desarrollen las dotes imaginativas que se necesitan para ser capaces de re-construirlos (Oliva y Aragón, 2009).

Perales, F. y Jiménez, J. (2004). Las ilustraciones en los libros de Física y Química de la ESO. *Educación Abierta. Aspectos didácticos de Física y Química* 12.p. 11-65. ICE de la Universidad de Zaragoza.

⁷⁰ Furió, C., Azcona, R. y Guisasola, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de sustancia y mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 131-146.

Agudelo, C. (2009). Estrategias retóricas en los libros de texto: diferentes aproximaciones a un mismo contenido. el caso de la ley periódica. Tesis de Máster. Universidad Autónoma de Barcelona.

⁷¹ Izquierdo, M. (2005c). La función retórica de las narraciones en los libros de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra*. [en línea] disponible en: http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/Simposios/11_Los_textos1/Izquierdo_773.pdf. [acceso: jueves 20 agosto de 2009].

⁷² Oliva, J y Aragón, J. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195–208.

Oliva y Aragón en esta línea recogen en un riguroso trabajo la función de los modelos y de la modelización en la enseñanza; de Harrison y Treagust (2000)⁷³ que modelar es la esencia de pensar y trabajar científicamente, y de Gilbert (1993)⁷⁴ la afirmación que la ciencia y sus modelos son inseparables, porque los modelos son los productos de la ciencia y, a la vez, sus métodos y herramientas de trabajo. De hecho, los modelos pueden considerarse como las unidades básicas del razonamiento del científico, permitiendo a éste comprender la situación que está investigando, y en ocasiones, incluso, adelantarse a los hechos manipulando mentalmente los mismos para averiguar su comportamiento sin necesidad de recurrir a un experimento real (Nersessian, 1999)⁷⁵.

Desde el punto de vista educativo, se ha avanzado en dar cuenta sobre su desempeño en la enseñanza de las ciencias (Halloun, 2004)⁷⁶, mediados por un proceso de *transposición didáctica* (Archer, Arcà y Sanmartí, 2007)⁷⁷ que lleva a hablar lo que algunos autores denominan:

1. modelos enseñados (Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2004; Coll, France y Taylor, 2005)⁷⁸,
2. representaciones didácticas de los modelos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001),
3. modelos pedagógicos (Islas y Pesa, 2003)⁷⁹,
4. modelos curriculares (Justi, 2006)⁸⁰.

En cualquier caso, el contexto didáctico obliga a que los modelos científicos no puedan ni deban enseñarse en estado puro, sino que, como todo conocimiento científico, hayan de adaptarse, presentarse e incluso reestructurarse en un formato distinto acorde con la ciencia escolar (Izquierdo, 2005d). Modelar resulta un proceso complejo cuyo desarrollo exige toda una gama de competencias (Lopes y Costa, 2007)⁸¹ Además de conocimiento sobre el dominio específico, involucra numerosas estrategias, destrezas y determinados

⁷³ Harrison, A., y Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011- 1026

⁷⁴ Gilbert, J. (1993). *Models and modeling in science education*. UK: Hatfield.

⁷⁵ Nersessian, N (1999). Model-based reasoning in conceptual change. En Magnani, L., Nersessian, N., y Thagard, P. (eds.) *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

⁷⁶ Halloun, I (2004) *Modeling theory in science education*. Londres: Kluwer Academic Publishers.

⁷⁷ Acher, A., Arcà, M. y Sanmartí, N. (2007) Modeling as a teaching learning process for understanding materials: a case study in primary education. *Science Education*, 91 (3), pp. 398-418.

⁷⁸ Treagust, D., Cuittleborough, G. y Mamiala, T. (2004). Students understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34, pp. 1-20.

Coll, R., France, B. y Taylor, (2005). The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.

⁷⁹ Islas, S. y Pesa, M. (2003) ¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, pp. 5-6.

⁸⁰ Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 173-184.

⁸¹ Lopes, J. y Costa, N (2007) The evaluation of modelling competences: difficulties and potentials for the learning of science. *International Journal of Science Education*. 29 (7), 8811-851.

compromisos epistemológicos (Grosslight, Unger, Jay y Amith, 1991 Justi y Gilbert, 2002)⁸².

En esta línea los avances de diversos autores han aportado esquemas destinados a explicar los procesos de modelización (Justi y Gilbert, 2002; Halloun, 2007)⁸³. Entre ellos se destacamos el propuesto por Justi y Gilbert (2002), quienes postulan una serie de etapas que operan de un modo cíclico y recurrente. Pero todo esto no implica sólo hacer que los alumnos aprendan modelos, sino que desarrollen también las estrategias, habilidades, actitudes y compromisos epistemológicos que se requieren para que puedan aplicar y evaluar los modelos, o incluso puedan llegar a reconstruirlos. En contraste con esta necesidad, se suele dedicar poco espacio en la escuela a enseñar a los alumnos cómo construir modelos (Justi y Gilbert, 2002), y son pocos los trabajos que ofrecen pautas para la evaluación de la modelización en química (Oversby, 1999; citado en Oliva y Aragón, 2009).

2.1.7. Síntesis de este bloque.

El cuerpo de conocimiento sobre la química es extenso; la transición a enseñar y aprender es lo que Chevallard (1985)⁸⁴ ha denominado la transposición didáctica del conocimiento. Este proceso de transformación didáctica 'establece' los cambios que un cuerpo de conocimientos químicos y sus usos tienen que sufrir para poder ser aprendido en la escuela. Introduce distinciones entre: (1) conocimiento químico que es producido; (2) el conocimiento químico a enseñar por los maestros en el aula, y programas de estudio; (3) el conocimiento químico que es realmente enseñado por un maestro en el aula, y (4) el conocimiento químico que es realmente aprendido por los estudiantes en el aula. (Chevallard, 1985) Estas tres distinciones intrínsecamente se han tratado de abordar en este primer bloque (aunque no precisamente en ese orden, cobertura y profundización).

⁸² Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., y Smith C. (1991). Understanding models and their use in science conceptions of middle and high school teachers and experts. *Journal of Science Education*, 14(2) 201-220.

⁸³ Halloun, I (2007) Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16, 653-697.

⁸⁴ Chevallard Y. (1985). *La transposition didactique - Du savoir savant au savoir enseigné*, La Pensée sauvage: Paris.

2.2. MODELOS, LENGUAJE Y MODELIZACIÓN

En esta sección presentaremos el aprender sobre química, es decir, su naturaleza y métodos.

2.2.1 Hacia una modelización química del mundo natural

De acuerdo a lo señalado hasta aquí, la investigación en educación química en torno a modelos y la modelización (ya sea a nivel curricular o como estrategia de enseñanza) comprendería los siguientes los ámbitos: estudio del mundo de las experiencias o fenomenografía (Andersson, 1990); perfiles conceptuales (Mortimer, 1995)⁸⁵; influencia del contexto; análisis del discurso en el aula; conocimiento pedagógico del contenido o transposición didáctica. Todos ellos, convergen en una idea central: cómo se construye (o se desarrolla) el “conocimiento químico escolar” (de ahora en adelante, CQE) en el aula. Hablar de conocimiento químico escolar o de actividad científica escolar (ACE) (Izquierdo, 2004) o de ‘*actividad química escolar*’ (AQE) comprende condiciones, soportes y coexistencia de modelos en la reconstrucción de nociones científicas. Desarrollar por completo este enfoque en la escuela es un tema pendiente.

Los objetivos de este apartado son, por un lado, examinar los estudios realizados en enseñanza de las ciencias sobre modelos, lenguaje y sobre el proceso de modelización; por otro, reflexionar sobre cómo estas ideas pueden llegar a convertirse en: a) aportes para el diseño de una programación de una asignatura, su correspondiente formalización y desarrollo y b) elementos para mirar y analizar las ideas de los participantes de esta asignatura, primordialmente en la evolución (transición) de las etapas del proceso que seguirían los estudiantes. Nos guiaremos por la aportación de Espinet, Izquierdo, Bonil, Ramos y Merino (en prensa)⁸⁶ vertidas en el documento: ‘*the role of language in modeling the natural world: perspectives in science education*’.

Hemos tratado de resaltar las influencias teóricas en las que se apoya este trabajo de investigación: provenientes de visiones del lenguaje, de la ciencia y de los modelos. Asimismo trataremos de incorporar las últimas tendencias en el desarrollo del campo y esbozar una propuesta basada en considerar la química en la escuela como una actividad autónoma. En esta revisión, nos centramos en aquellos trabajos que han analizado en profundidad el papel del lenguaje en la construcción del conocimiento en el aula para, con ello, ‘*arrojar luz*’ (más adelante, sobre datos recogidos) sobre las actuaciones de maestros ante una programación química. Las diversas investigaciones que han estudiado este ámbito tienen diferentes orientaciones teóricas y analíticas. Pero son el resultado de un fructífero diálogo con otras disciplinas como la lingüística, la filosofía de la ciencia y la psicología cognitiva. (Suton, 1997, 2003)⁸⁷.

⁸⁵ Mortimer, E. Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*. 4. 267-285.

⁸⁶ Espinet, M., Izquierdo M., Bonil, J., Ramos L., y Merino, C. (2010). The role of language in modeling the natural world: perspectives in science education. En Fraser, Tobin y McRobbie (Eds.) *Second International Handbook of Science Education*. New York: Springer.

⁸⁷ Sutton, C. (1997). “Ideas sobre las ciencias e ideas sobre el lenguaje”, *Alambique*. 12, 8-32.

Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje *Enseñanza de las ciencias*. 21(1). 21-25.

Nuestra referencia principal se centra en examinar la consecuencia entre dos marcos: los puntos de vista del lenguaje y el de los modelos para comprender mejor el proceso de modelización en la enseñanza de las ciencias. A continuación presentaremos la visión de Modelo científico y de Lenguaje que manejaremos a lo largo de este trabajo.

2.2.2. La visión de modelos y modelización

En el *International Handbook of Research in Science Education* (1998) en referencia sobre los modelos y modelización se proporciona una explicación sobre investigación que se está haciendo en enseñanza de las ciencias. La primera frase de este capítulo marca lo que se entiende por modelo: "A model can be defined as a representation of an idea, an object, an event, a process or a system" (Gilbert y Boutler 1998, 53)⁸⁸. Así, la posición de los autores es que existe un consenso en la comunidad sobre el concepto de 'modelo'. No obstante las investigaciones en torno a la enseñanza de las ciencias, que han utilizando como base las construcciones de modelos, no llegan a la misma conclusión. A la fecha aún existen debates en el seno de la comunidad científica sobre el significado y el alcance del término 'modelo'. Sin embargo, se está de acuerdo en que el modelo es un 'sustituto' o un 'subrogado' de los sistemas reales que se estudian, demasiado complejos para poder ser abarcados en su totalidad; los científicos trabajan con las 'representaciones' de estos sistemas que conservan sólo sus aspectos esenciales. Es por eso que los modelos actúan como facilitadores para la comprensión del mundo real (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009)⁸⁹.

Las diferentes tradiciones filosóficas que han abordado el papel de modelos y su relación con la teoría y la realidad lo hacen de maneras muy diferentes. Nuestro enfoque es epistemológico y se centra en la relación entre teoría, los modelos y la realidad, teniendo en cuenta la labor de Adúriz-Bravo e Izquierdo (2003), Develaki (2007)⁹⁰ y Koponen (2007)⁹¹ que reconocen la necesidad de introducir la filosofía de la ciencia como un marco que contribuye a comprender la enseñanza de las ciencias.

Los filósofos de la ciencia de principios del siglo XX dibujaron una imagen de la ciencia basada en el valor *a priori* de la lógica y las matemáticas. Para las matemáticas, los modelos se consideraron como los 'casos' de las teorías y los sistemas actúan siguiendo los requisitos de la axiomática de la teoría. En las ciencias naturales, sin embargo, los modelos se consideraron el resultado de la interpretación de los fenómenos naturales, que concretan las representaciones simplificadas de los sistemas complejos que se encuentran habitualmente en los fenómenos naturales.

⁸⁸ Gilbert, J. K. y Boutler, C. J. (1998). Learning science through models and modeling. In K. G. Tobin & B. J. Fraser. (Eds.) *International Handbook of Science Education* (pp. 53-66). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

⁸⁹ Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo para la enseñanza de las ciencias naturales. *REIEC*, 4(1), 40-49.

⁹⁰ Develaki, M. (2007). The Model-Based View of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science & Education*, 16, 725-749.

⁹¹ Koponen, I. T. (2007). Models and modelling in physics education: A critical reanalysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*, 16, 751 – 773.

La influencia de la historia y de la filosofía de la ciencia, a partir de Kuhn (1962)⁹² introduce la *idea del modelo* ejemplar, que actúa como Modelo en una disciplina particular. Esta idea de Modelo Ejemplar es importante, ya que reconoce que la teoría y los fenómenos requieren algo más para poder estar relacionados entre sí: el éxito se encuentra en ejemplos que pueden considerarse modelos. Los modelos son por lo tanto los casos concretos que han sido resueltos satisfactoriamente por la teoría.

Las ciencias cognitivas están interesadas en la aparición del conocimiento humano y su relación con la actividad humana, incluidos sus dimensiones lingüísticas, instrumentales y evolutivas. Desde esta escuela de pensamiento se propuso una visión semántica de la teoría (MVB, *model based view*- o visión de la enseñanza de las ciencias basada en modelos) que se centra en lo que da sentido de las teorías más que en su sintaxis, su forma o estructura. Siguiendo a Giere (1988)⁹³, como representante de la visión cognitiva de la ciencia, ha desarrollado una definición del modelo científico que tiene consecuencias importantes para la enseñanza de la ciencia como se ha visto en las adaptaciones hechas por varios autores (Develaki, 2007; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003; Koponen, 2007).

Los modelos se construyen *especialmente para pensar acerca de la ciencia (química) dentro de la escuela* y para comprender sus finalidades y métodos. Se trata de proyecciones de la teoría en el mundo con el fin de hacer posible que los modelos puedan concretarse, convirtiendo en 'hechos paradigmáticos' aquellos fenómenos (privilegiados) que pueden interpretarse y que son, por ello, Modelos de la Teoría con éxito. En el aula, los modelos pueden ser expresados a través de una variedad de lenguajes, y se generan mediante *actividad científica escolar* (Erduran y Duschl, 2004; Izquierdo, 2005e)⁹⁴. Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009)⁹⁵ han identificado varias características para describir los modelos, según una visión semántica de la ciencia:

1. Se prioriza una atención a la semántica, la pragmática, la retórica de la lengua, no sólo en su estructura formal.
2. Las teorías científicas no sólo son una colección de declaraciones, sino también una colección de los hechos que han sido interpretados por la teoría.
3. Las teorías científicas son un conjunto de modelos, que se convierten en el núcleo para la construcción de la comprensión de los conocimientos científicos.
4. Existe una amplia gama de lenguajes igualmente válidos para expresar los modelos científicos.

⁹² Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press

⁹³ Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.

⁹⁴ Erduran, S. y Duschl, R. (2004). 'Interdisciplinary characterization of models and the nature of chemical knowledge in the classroom', *Studies in Science Education*, 40, 111-144

Izquierdo, M. (2005e) ¿Para qué se inventaron los problemas de química? *Educación Química*, 16 (2), 246-259.

⁹⁵ Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 40-49.

a) Resumen de la visión de modelos y modelización

Un modelo científico es toda representación, utilizando cualquier medio simbólico, que permita *pensar, hablar y actuar* con rigor y en profundidad sobre un sistema en estudio. Aunque esto puede ser muy abstracto, se puede concentrar en las imágenes, cuadros, redes, etc. que, pueden ser calificados como modelos científicos en la medida en que permitan desarrollar actividades tales como describir, explicar, predecir, actuar, etc.

Las contribuciones desde una visión cognitiva de la ciencia en la enseñanza de la ciencia apenas han comenzado a ser desarrolladas. Una de esas contribuciones es considerar la ciencia como un proceso de aprendizaje de los conocimientos como una ‘actividad científica escolar’. Esta actividad ha de ser epistemológicamente fundamentada de acuerdo a los valores y objetivos de la ciencia y, la escuela, debe ser concebida como una convergencia del *pensar, actuar y hablar* acerca de los fenómenos naturales. Además, esta actividad debe crear un contexto donde los estudiantes: *puedan transformar los hechos de la vida cotidiana en hechos científicos, transformando el lenguaje cotidiano en el lenguaje de la ciencia.*

2.2.3. Una visión desde el lenguaje

Aunque el lenguaje siempre ha estado presente como un fenómeno, es sólo en la última década que se ha convertido en un enfoque en la investigación educativa en didáctica de las ciencias. Sutton (1998) nos muestra dos importantes puntos de vista que prevalecen en nuestra comunidad de investigación: (a) que la lengua es un sistema de transmisión de la información, y (b) que el lenguaje es un sistema de interpretación para dar sentido a la experiencia. Carlsen (2007)⁹⁶, en una revisión más reciente sobre el lenguaje y el aprendizaje de la ciencia, incluye puntos parecidos de vista y añade una tercera: (c) que el idioma es una herramienta para la participación en comunidades de práctica.

Por tanto, ha habido un cambio en la comprensión del lenguaje: considerado como un medio para la transmisión de información, pero ahora se considera también como un sistema interpretativo, que introduce un sentido en el hacer un en torno social. Para profundizar en esta idea, y comprender bien esta evolución, presentamos los tres enfoques presentados en la revisión de Carlsen sobre el lenguaje.

1. ***El lenguaje es un medio.*** El lenguaje es considerado un medio de representación que es independiente del contexto y no tiene efectos significativos sobre el pensamiento o en la percepción del mundo; actúa como interfaz entre el mundo y la mente, entre la realidad y las personas. El lenguaje utiliza la forma de las palabras y su estructura de significados para dar lugar a la ciencia de los expertos. Es considerado como un sistema simbólico especializado que conlleva el sentido de lo que debe ser aprendido. Se utiliza la metáfora del ‘lenguaje como un medio’ y los investigadores interpretan lo que los estudiantes escriben o dicen como pruebas observables del pensar. De esta manera, el dominio de la

⁹⁶ Carlsen, W. S. (2007). Language and science learning. In S. Abell y N. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 57-74). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

estructura lógica del lenguaje se convierte en el camino hacia un pensamiento abstracto (Barth, 1987)⁹⁷.

2. ***El lenguaje es teoría y acción.*** Según este enfoque el lenguaje se considera un modelador activo de la experiencia (Sutton 1998). La lengua es también una herramienta que apoya el razonamiento, pero los patrones de la lengua se influyen por los patrones del razonamiento sobre el mundo natural. Conocer la ciencia es hablar de ciencia (Izquierdo y Sanmartí, 2000)⁹⁸ de modo que el aprendizaje de las ciencias implica el desarrollo de nuevas formas de hablar y escribir el mundo (Lemke, 2005; Quintanilla, 2006)⁹⁹. Usar el lenguaje implica la utilización de un punto de vista para ver el mundo de una manera diferente (Sanmartí, 1996)¹⁰⁰. Por otro lado, el sistema del lenguaje plantea limitaciones al conocimiento y al aprendizaje, y orientan, por lo tanto, la cognición los estudiantes, cuando modelan el mundo natural. Considerar el lenguaje de esta forma ha desempeñado un papel importante en la comprensión de modelos y la modelización de la ciencia en las aulas, ya que ha obligado a los investigadores a situar el lenguaje en el centro de la enseñanza y el aprendizaje. Además, también ha puesto de relieve los problemas que enfrenta la ciencia en las aulas al relacionar el lenguaje cotidiano y el lenguaje teórico que se utiliza para interpretar los fenómenos (Viennot, 2007)¹⁰¹. La visualización del lenguaje como un '*modo de acción*' de la ciencia en las aulas implica dar una voz a los estudiantes, lo que les permite utilizar un lenguaje no sólo para captar la verdad, sino también para construir sistemas personales y compartidos, con los cuales interpretar los fenómenos naturales. Al utilizar el lenguaje de esta manera, los estudiantes desarrollan habilidades cognitivas-lingüísticas que constituyen formas de acción que ya han sido mencionadas como '*juegos de lenguaje*' por Wittgenstein (1997/53)¹⁰² en su posición filosófica sobre el lenguaje. La metáfora de lenguaje como teoría y acción apoya una visión de lenguaje desafiante. Invita a ver el lenguaje como una relación mutuamente reflexiva entre los alumnos y el mundo de los fenómenos que aprenden a interpretar.

3. ***El lenguaje es interacción.*** Este punto de vista se basa en la idea de que en el lenguaje existe interrelación con el contexto social, con la actividad social, o con la comunidad de práctica. El lenguaje es, pues, un fenómeno interactivo que se produce socialmente; se subraya el carácter dinámico del lenguaje, su diversidad de usos, su estrecha relación con las condiciones de su producción, y su

⁹⁷ Barth, B. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris: Retz.

⁹⁸ Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a leer y a escribir textos de ciencias de la naturaleza. En: Jorba, J.; Gómez, I.; Prat, A. (Eds). *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situaciones de enseñanza-aprendizaje de las áreas curriculares*. Madrid: Ed. Síntesis, pp. 210-233.

⁹⁹ Quintanilla, M. (2006). La ciencia en la escuela: un saber fascinante para aprender a 'leer el mundo'. *Rev. Pensamiento Educativo*, 39 (2), 177-204.

¹⁰⁰ Sanmartí, N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos de didáctica de la lengua y de la literatura*, 8, 27-40.

¹⁰¹ Viennot, L. (2007). La physique dans la culture scientifique: entre raisonnement, récit et rituels. *Aster*, 44, 23-40.

¹⁰² Wittgenstein, L. (1997). *Philosophical investigations* (G. E. M. Anscombe, Trans.), Oxford, England: Blackwell. (Original work published 1953).

naturaleza cambiante en el tiempo y el espacio. La manera de entender el contexto determina la tradición de investigación. En su revisión sobre el papel del contexto en el lenguaje, Duranti y Goodwin (2000)¹⁰³ distinguen entre *contexto* como incrustado en el uso del lenguaje, y el *contexto* como algo externo que actúa como un marco. Desde esta segunda perspectiva, el contexto se puede ver de varias formas diferentes: como un conjunto de variables, como una audiencia externa, como una comunidad de práctica, o como una actividad social. Para Carlsen (2007), según el tercer punto de vista el contexto es una comunidad de práctica (Wenger, 1998)¹⁰⁴. El lenguaje visto como interacción aumenta las expectativas de la enseñanza de la ciencia y la investigación sobre los modelos y la modelización de manera importante, al añadir el contexto de su producción a otros aspectos como la 'realidad', la experiencia y la acción experimental. Estamos, por lo tanto ante una nueva dimensión al considerar el lenguaje no sólo como interacción con la cognición, sino también con los fenómenos naturales a través de las acciones de los estudiantes. Así las actividades en la ciencia escolar han de ser auténticas, con su propia autonomía, y despliegue de: a) su propio lenguaje; b) sus representaciones y c) sus prácticas experimentales para codificar sus propios modelos científicos escolares.

2.2.4. Perspectivas en la investigación sobre los modelos, la modelización y el lenguaje en la enseñanza de las ciencias

La revisión de la literatura incluida en este apartado muestra una diversidad de puntos de vista sobre el significado del concepto de modelo, su relación con el lenguaje, y sus consecuencias para la enseñanza de las ciencias y de la química.

¹⁰³ Duranti, A. y Goodwin, C. (2000). *Rethinking context. Language as an interactive phenomenon*. New York: Cambridge University Press.

¹⁰⁴ Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. England: Cambridge University Press.

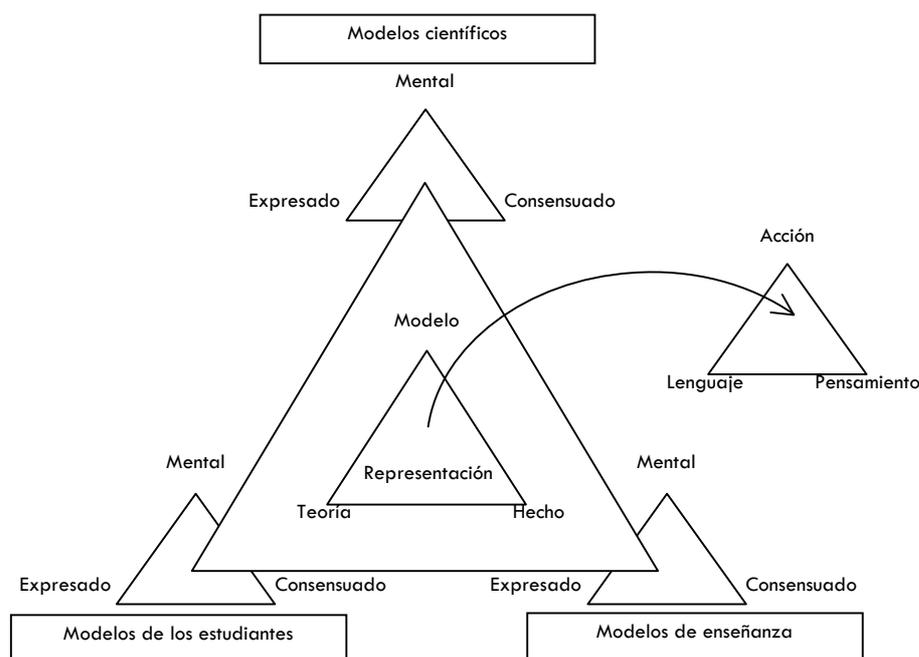


Figura 2.1. Sistema didáctico para la modelización de las ciencias (química) en el aula (Tomado de Espinet, Izquierdo, Bonil, Ramos y Merino, en prensa)

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias constituye un sistema didáctico en el que estudiantes, profesores y científicos interactúan en cada una de las actividades realizadas en el aula. Ahora describiremos los elementos clave de este sistema de una manera que nos permitirá comparar en los estudios de investigación revisados a partir de la figura 2.1.

Consideramos que la enseñanza de las ciencias y el aprendizaje constituyen también una actividad científica. Si se utiliza un enfoque de modelización para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (y en especial de la química), los modelos pueden considerarse sostenidos y producidos por los estudiantes, los científicos y el docente. Un enfoque de modelización de la enseñanza de la ciencia implica que el 'contenido central' de la actividad es la relación entre el mundo de la realidad - de los objetos, hechos y los fenómenos - y el mundo de la abstracción - de teorías y modelos. Los modelos, por lo tanto, incluyen *acciones, lenguaje y pensamiento*.

Los estudios revisados en este apartado se han organizado en cuatro grupos en los que existen similitudes pero también diferencias en relación a los modelos y lenguaje: (a) investigaciones sobre modelos mentales y lenguaje, (b) modelos analógicos y lenguaje, (c) modelos teóricos y lenguaje, e (d) investigaciones relacionadas con los acontecimientos recientes en el lenguaje.

a) Los modelos mentales y el lenguaje en la enseñanza de las ciencias

La investigación en la enseñanza de las ciencias en relación a la construcción de modelos mentales forma parte de la tradición de la psicología cognitiva. El trabajo de Johnson-

Laird¹⁰⁵, en su obra titulada *‘Los modelos mentales’*, se publicó por primera vez en 1983. Los primeros trabajos de investigación sobre modelos mentales comenzaron a aparecer a principios de 1990 como lo demuestran las investigaciones de Gutiérrez y Ogborn (1992)¹⁰⁶. Esta labor ha continuado hasta el día de hoy, pero el campo se ha desarrollado muy poco. Desde 1998, diversos trabajos han sido publicados en torno a los "modelos mentales" de los estudiantes o profesores. Las metodologías de investigación incluyen cuestionarios de lápiz y papel o entrevistas clínicas a través de la cual de forma verbal o gráfica se obtienen protocolos. El lenguaje por lo tanto, se considera un medio para descubrir el contenido y la naturaleza de los ‘modelos mentales’ de los sujetos.

Hay fuertes similitudes entre las investigaciones sobre las concepciones alternativa que han irrumpido en nuestro campo desde el decenio de 1970, y la investigación sobre modelos mentales. Los investigadores parecen haber sustituido la construcción de ‘concepto’ por el de ‘modelo mental’. Por ejemplo, Selley (2000)¹⁰⁷ estudia los modelos mentales que tienen los estudiantes sobre las partículas de la materia al explicar la disolución, por su parte Spiliotopoulou (2007)¹⁰⁸ investiga los modelos mentales de los estudiantes sobre el universo, y Shepardson, Wee, Priddy y Harbor (2007)¹⁰⁹ identifican tipologías de modelos mentales en los estudiantes sobre medio ambiente. Cuando el objeto de investigación son los profesores de ciencias, el estudio de los *‘modelos mentales’* se ha centrado en las ideas de modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias como parte del contenido pedagógico del conocimiento (por ejemplo, Henze, van Driel y Verloop, 2007)¹¹⁰.

Moreira (2001)¹¹¹ y Greca y Moreira (2000)¹¹² han hecho una contribución teórica en la comprensión de la importancia de los modelos mentales en la enseñanza de las ciencias. Consideran que los modelos mentales son representaciones analógicas de los conocimientos formados por elementos y relaciones que representan un estado de los fenómenos. Son como piezas de construcción cognitiva que se pueden combinar y recombinar. Su estructura refleja los aspectos de la situación que se está representado. *“Mental models are internal representations of information that have an analogical correspondence with the phenomena to be represented... Mental models are thus*

¹⁰⁵ Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

¹⁰⁶ Gutiérrez, R., y Ogborn, J. (1992). A causal framework for analyzing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 14, 201- 220

¹⁰⁷ Selley, N. (2000) Students' spontaneous use of a particulate model for dissolution. *Research in Science Education*, 30, 389-402.

¹⁰⁸ Spiliotopoulou, V. (2007). Models of the universe: Children's experiences and evidence from the history of science. *Science & Education*, 16, 801-833.

¹⁰⁹ Shepardson, D.P., Wee, B., Priddy, M., y Harbor, J. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 327-348.

¹¹⁰ Henze, I., vanDriel, J., y Verloop, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37, 99-122

¹¹¹ Moreira, M.A. (2001). Modelos mentais. En Mortimer, E y Smolka, A. (Eds.). *Linguagem, cultura e cognição. Reflexões para o ensino e a sala de aula.* (pp. 189-221). Belo Horizonte, Brasil: Autentica.

¹¹² Greca, I. M. y Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.

structural analogs of the world" (Moreira 2001, p 195)¹¹³. La función de los modelos mentales es que al aprender ciencia se pueden hacer predicciones sobre el mundo real.

Moreira (2001) distingue entre modelo mental y modelo conceptual. Mientras que el primero es interno, el segundo es público, y pueden ser materializados en diferentes formas simbólicas. Sin embargo, la relación entre los modelos conceptuales construidos por los científicos, los educadores de la ciencia o los profesores de ciencias, y los modelos mentales construidos por los estudiantes no son claros. Según Greca y Moreira (2000), los estudiantes no elaboran copias de los modelos conceptuales que se les proponen, sino que construyen sus propios modelos mentales, que actúan como construcciones cognitivas intermediarias en el proceso de aprendizaje.

Modelizar, entonces, se entiende como el proceso mediante el cual los estudiantes aíslan las características de los fenómenos a través de '*juegos de modelización*' (Greca y Moreira, 2000). El contenido de los modelos mentales construidos por los estudiantes se limita a los fenómenos donde el modelo es análogo y el lenguaje utilizado en la modelización les pone restricciones. Los juegos de modelización permiten a los estudiantes desarrollar sus modelos mentales y llevarlos más cerca y más cerca del modelo de consensuado en el aula (Clement, 1993)¹¹⁴. El lenguaje utilizado en estos juegos de modelización se encuentra más cerca del '*lenguaje cotidiano los alumnos*' y por tanto, desempeña un papel fundamental en la construcción de los modelos mentales de los estudiantes.

b) Modelo analógico y lenguaje en la enseñanza de las ciencias

Las analogías y el pensamiento analógico han jugado un papel muy importante en la historia de la ciencia (Hesse, 1972; Celestino, 2007)¹¹⁵. Las investigaciones en torno a los modelos analógicos y modelos en la enseñanza de las ciencias comparten la idea de que los modelos son representaciones simplificadas de los objetos y fenómenos naturales, que son muy complejos. Los consideran herramientas cognitivas que facilitan el ejercicio mental en la construcción de explicaciones sobre los fenómenos naturales (Boulter y Gilbert, 1998). Los modelos son concebidos como entidades intermedias entre la teoría científica y el mundo de la experiencia que, se pueden enseñar y aprender en las escuelas. Sin embargo, como acabamos de ver los estudiantes han elaborado modelos mentales para explicar los fenómenos naturales que están representados en términos de lenguaje cotidiano y a menudo muestran dificultades en el uso de modelos científicos. Los modelos analógicos están siendo enseñados como herramientas diseñadas para ayudar a los estudiantes a construir modelos mentales que están más cerca de los modelos científicamente consensuados. Sin embargo, algunos estudios dan a entender que los modelos analógicos son 'herramientas de enseñanza', o 'modelos

¹¹³ Greca, I.M., Moreira, A. (2001). Mental, Physical and Mathematical Models in the teaching and learning of Physics. In Kelly et al (eds) *Learning Models in Physics*, pp. 106- 121. Wiley & Sons

¹¹⁴ Clement, J. (1993). A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students. En D. Gentner., & A.L., Stevens. (Eds.) *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

¹¹⁵ Hesse, M. (1972). Models and analogies in science. In Edwards, P. (Ed.). *The encyclopedia of Philosophy* (Vol. 5, pp.354-359). New York: Macmillan.

Celestino, C. (2007) The Role of Models and Analogies in the Electromagnetic Theory: A Historical Case Study. *Science & Education*. 16.835-848.

de enseñanza' como 'modelo científico' (Harrison y Treagust, 2000). Para estos autores, la modelización es una actividad controlada por el profesor en la que los estudiantes participan en el establecimiento de correspondencias entre el modelo analógico y el modelo científico, siendo este último modelo la meta; la modelización se interpreta como un proceso consciente en la comparación de dos tipos de representaciones de apoyo en dos diferentes sistemas de lenguaje.

Oliva et al. (2003) proporcionan un marco para incluir a los modelos analógicos en los procesos de aprendizaje de los estudiantes: a menos que los estudiantes puedan construir modelos analógicos a través de la actividad de la correspondencia, no existe el éxito en la comprensión. Así, la modelización analógica se interpreta como el proceso de construcción de un modelo de segundo orden en una comparación entre dos modelos procedentes de distintos ámbitos (el mental-analítico y el científico).

Por último, un tercer grupo de investigaciones considera los modelos analógicos como auténticos modelos de ciencia escolar diferentes de los modelos científicos. Hart (2007)¹¹⁶ expresa su descontento con los modelos científicos utilizados en el aula para enseñar los circuitos eléctricos y sugiere que educadores y profesores han de tener la libertad de seleccionar mejor los modelos analógicos para promover el aprendizaje de sus alumnos. En su trabajo de investigación estudia cómo los profesores construyen modelos analógicos alternativos para entender los circuitos eléctricos y cómo evaluar su potencial de aprendizaje de la ciencia.

El peso dado a las representaciones simbólicas en el modelado analógico es un contexto muy rico para explorar la naturaleza multimodal de la lengua, y su influencia en la comprensión de los fenómenos naturales por parte de los estudiantes.

2.2.5. Modelos teóricos y lenguaje en la enseñanza de las ciencias

La investigación sobre modelos y modelización que se incluyen en esta sección provienen de tres tipos de grupos de investigación que sostienen puntos de vista sobre el lenguaje explícito y la ciencia. La investigación de las cuestiones planteadas por estos estudios aborda directamente el problema del lenguaje, que no fue un tema central en anteriores estudios revisados. El primero de los grupos de investigación reconoce la influencia sociocultural de un punto de vista sobre el lenguaje y pone en relieve la función de modelización dialógica (Buty y Mortimer 2007, Leach y Scott, 2003)¹¹⁷. En el segundo grupo se reconoce la influencia de una visión epistemológica denominada 'nuevo empirismo' y pone en relieve la importancia de la acción experimental y el lenguaje en los modelos y en la modelización (Sensevy et al. 2008; Sensevy y Santini 2006)¹¹⁸. Por último, el tercer grupo reconoce la influencia de una visión cognitiva de la

¹¹⁶ Hart, C. (2007). Models in physics, models for physics learning, and why the distinction may matter in the case of electric circuits. *Research in Science Education*, 38, 529-544.

¹¹⁷ Buty, C., y Mortimer, E. (2007). Dialogic/authoritative discourse and modelling in a high school teaching sequence on optics. *International Journal of Science Education*, (12), 1635 – 1660.

Leach, J. y Scott, Ph. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12, 91-113

¹¹⁸ Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. y Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, 92, 424-446.

ciencia y desarrolla las bases de una ciencia escolar, cuyo objetivo central es el desarrollo de modelos teóricos escolares (Gómez, et al. 2007)¹¹⁹.

Los estudios que se incluyen aquí reconocen el papel crucial de los modelos en la vinculación de la percepción de los fenómenos reales con la teoría. El lenguaje se convierte en un elemento central en la conceptualización de lo que son modelos. Los estudios también comparten la idea de que una cuestión clave en el modelización es el establecimiento de una progresiva relación entre el mundo de los sistemas reales y el mundo de los sistemas abstractos. El lenguaje hace posible las conexiones entre estos dos mundos. Por último, todas las investigaciones comparten el compromiso de producir propuestas que sean coherentes con su marco y su funcionamiento en la escuela.

2.2.6. La Modelización desde el punto de vista empirista de la ciencia

Sensevy et al. (2008) presenta un estudio de caso que proporciona pruebas relativas a los modelos y la modelización de la física (mecánica). Exhibe una propuesta para actividades de modelización que se basa en una posición epistemológica coherente. Basándose en el legado de las obras derivadas de la escuela filosófica de Stanford, se refieren a su posición como un 'nuevo empirismo'. Bajo esta visión epistemológica de modelización (Sensevy y Santini, 2006), la acción y, por tanto, la dimensión de la ciencia experimental, tiene una nueva función. El modelo construido ya no puede ser visto como independiente de la experimentación y el conocimiento experimental. Para los autores, la modelización es una actividad que establece las relaciones entre el mundo de los objetos y fenómenos (campo experimental) y el mundo de la abstracción (el campo de la teoría y modelos) al abordar los problemas. Los autores manejan una visión de máquina nomológica de Cartwright (1999)¹²⁰ para conceptualizar lo que es un modelo científico y cómo funciona la ciencia en las aulas. Nuevas formas de *pensar, actuar y hablar* tienen que ser desarrollados en la construcción del modelo de fenómeno, que actúa como "instrumento". También consideran que el pensamiento colectivo en el aula de ciencia es donde se desarrollan los estilos de pensamiento (Fleck, 1935/1979)¹²¹. A través de *juegos de lenguaje* (Wittgenstein, 1997) y *juegos epistémicos* (Santini, 2007) los estudiantes son capaces de ir y venir entre el mundo de la experimentación y el mundo de la abstracción. Estos juegos tienen lugar a través de actividades mediadas por el lenguaje a través de la interacción en el aula que incluyen: describir, interpretar, predecir, definir, explicar, cuestionar, criticar y argumentar (Santini, 2007). Modelizar la ciencia en el aula es un proceso lento, complejo que se desarrolla en diferentes niveles, que consta de diferentes tareas determinadas por los juegos de lenguaje o los juegos epistémicos a nivel meso, y a través de interacciones a nivel micro.

Sensevy, G. y Santini, J. (2006). Modelisation: Un approche epistemologique. *Aster*, 43, 163-188.

¹¹⁹ Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R.M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25, 325-340.

¹²⁰ Cartwright, N. (1999). *The dappled world: a study of the boundaries of sciences*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

¹²¹ Fleck, L. (1979). *Genesis and development of a scientific fact* (F. Bradley y T. J. Trenn, Trans.). Chicago: The University of Chicago Press. (Original work published 1935).

2.2.7. La modelización desde el punto de vista cognitivo de la ciencia

Gómez et al. (2007) adoptan una posición filosófica sobre los modelos y la modelización, que se basa en una visión cognitiva de ciencia (Gieryn, 1988; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003). Este punto de vista se utiliza para apoyar su concepción de la ciencia escolar como una actividad en la que estudiantes y profesores participan en la construcción de modelos teóricos. Estos modelos generan formas de ver e interpretar el mundo y maneras de comunicarse. Los modelos teóricos escolares no son copias simplificadas de los modelos científicos sino que son nuevas y complejas construcciones que dependen de la edad de los estudiantes, de los objetivos de la enseñanza de la ciencia, de la relevancia social de los fenómenos naturales que se ha explicado, etc. Es fundamental que los educadores en ciencia que trabajan con la idea de ciencia escolar valoren el tiempo y esfuerzo en la selección y construcción de modelos teóricos escolares apropiados para que se conviertan en herramientas para el aprendizaje de la ciencia. Los autores se comprometen en el desarrollo de un modelo teórico escolar de los seres vivos, poniendo como ejemplo una unidad de enseñanza sobre los incendios en los bosques mediterráneos en un 5º grado de educación primaria. Esta unidad tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a desarrollar una familia de modelos que constituyen la modelización de los seres vivos en diferentes escalas de organización - el modelo de la célula, el modelo de organismo, y el modelo de ecosistemas - y también establecen relaciones significativas entre estos tres tipos de modelos. Esta investigación es un buen ejemplo del esfuerzo que han de hacer los educadores para desarrollar modelos teóricos escolares fructíferos.

La reflexión en este apartado tiene dos consecuencias. En primer lugar, el trabajo apunta a la necesidad de repensar el contenido de la enseñanza de las ciencias en términos de algunos importantes modelos de la ciencia escolar. Estos modelos deben abarcar la forma de *actuar, hablar y pensar*. En segundo lugar, el diseño de secuencias de enseñanza requiere un examen cuidadoso a fin de identificar los mejores 'hechos' que tienen el potencial de convertirse en 'ejemplares' a partir de la cual desarrollar un proceso de abstracción que caracteriza el aprendizaje de la ciencia.

2.2.8. La modelización y el lenguaje desde la lingüística

Hacemos hincapié en el valor de dos enfoques que consideramos interesantes para nuestro trabajo: la retórica y la narratividad.

a) Una visión desde la retórica

La retórica implica organizar y presentar ideas de forma coherente, el uso de los recursos de comunicación para que los estudiantes aprendan a ver el mundo en términos de nuevas entidades. La retórica tiene una larga tradición en la filosofía, la psicología y la lingüística. Es una nueva dimensión del lenguaje que destaca la manera a través de la cual en la escuela se presentan los modelos de la ciencia a los estudiantes. Sutton (1996) sugiere que parte del trabajo de los profesores de ciencias es persuadir a los estudiantes acerca del valor y la racionalidad de las opiniones expresadas en las conversaciones científicas. Del mismo modo, Ogborn et al. (1996) se han centrado en manera de presentar las explicaciones en el aula por parte de los profesores de secundaria y describen las diferentes estrategias utilizadas para crear las entidades

teóricas que constituyen las explicaciones científicas de los fenómenos. Otra parte de estas investigaciones se han centrado en los aspectos retóricos de la ciencia libros de texto. Izquierdo, Márquez y Gouvea (2007)¹²² han identificado características de la retórica de la ciencia y los libros de texto han relacionado a su estructura narrativa.

b) Una visión desde la narrativa

Existe un amplio consenso sobre el uso de la narrativa en la comunicación científica es una manera de hacer la ciencia más relevante para el público general. El papel de la narrativa en la promoción científica de la modelización en las aulas de ciencia es destacada en el trabajo de Ogborn, *et al.* (1996). Las explicaciones científicas se podría considerar narrativas o historias, lo que difumina la distinción entre las características de la ciencia y las características de los contextos sociales en los que la primera se desarrolla. Gilbert y Boutler (1998), en su capítulo sobre los modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias, reconocen la importancia de la narrativa en la modelización. Las narraciones en un texto son apoyadas por las representaciones de los estudiantes y profesores, y se consideran construidas para dar forma a un modelo pedagógico o un a modelo mental del estudiante. Sutton (1998) también introduce el ejemplo de las historias como una manera de llevar a cabo las voces de estudiantes, profesores y científicos en relación con estos géneros textuales, y también para cerrar la brecha entre hechos y teorías.

Sensevy et al. (2008), consideran la analogía entre un 'Modelo' y una 'Fabula'. De este modo, una vez más identificamos cómo una descripción textual tiene el potencial para facilitar la transición entre el mundo de los fenómenos y el mundo de la abstracción, que es característica de modelización científica. Sin embargo, hay mucho trabajo por hacer para obtener una imagen más clara de las ventajas y desventajas de la narratividad en el modelización de los fenómenos. El debate sobre una visión narrativa en la enseñanza de las ciencias sigue abierto, como se refleja en Orange-Ravachol y Triquet (2007)¹²³

2.2.9. Situaciones de enseñanza basadas en un enfoque de modelización

En referencia a una actividad de modelización, existen varios tipos de situaciones de enseñanza que tienen funciones diferentes. El primer tipo es el comienzo de una secuencia de enseñanza; ese tipo de situaciones tiene por objeto introducir un nuevo dominio. Esta situación ha de ser cuidadosamente diseñada con el fin de introducir a los estudiantes un modelo semilla que les permita ir hacia adelante y hacia atrás entre el modelo y el experimento. El segundo tipo de situaciones, de enseñanza implica al estudiante en la construcción de nuevos conceptos o nuevas facetas de los conceptos. En este tipo de situaciones, las tareas requieren tener en cuenta las relaciones entre los conceptos y los objetos y los acontecimientos de la actividad experimental.

¹²² Izquierdo, M., Marzábal, A., Márquez, C. y Gouvea, G. (2007). Experimental stories in science textbooks: How are the world facts built? Proceedings 7thESERA conference, Malmö, Sweden, 21-25 August

¹²³ Orange-Ravachol, D., y Triquet, E. (2007). Sciences et récits, des rapports problématiques. *Aster*, 44, 7-22.

Las situaciones de enseñanza implican procesos de participación de profesores, estudiantes y el conocimiento. Aunque los profesores de ciencias a diario crean situaciones de enseñanza en todo el mundo, el diseño racional de las situaciones de enseñanza es una empresa difícil. Estas situaciones deben ser diseñadas con el fin de que los estudiantes adquirieran contenidos mínimos de química, teniendo en cuenta todos los estudios sobre las concepciones de los estudiantes. Los estudios sobre concepciones, muestran que una de las principales dificultades en su diseño es que, las concepciones están lejos de los enfoques propios de la química. Otra complicación surge del hecho se conoce poco sobre las diferentes funciones cognitivas de un concepto (Reif, 1992). Elegimos trabajar con la complejidad de la descripción de situaciones de enseñanza, teniendo en cuenta dos aspectos principales de las ciencias experimentales (química): las teorías y la experiencia. Con esto en mente, el diseño de una situación de enseñanza se somete a crear secuencias de actividades destinadas a ayudar a los estudiantes a construir una comprensión de las relaciones entre la teoría / modelo, los experimentos y el lenguaje (Izquierdo, 2004).

El primer tipo de situación tiene lugar en el comienzo de una secuencia. Un texto, los experimentos y preguntas, que se dan a los estudiantes, están cuidadosamente diseñados para permitir a los estudiantes ir hacia adelante y hacia atrás en su transición entre los elementos teóricos y la experiencia. El objetivo de esta primera etapa de la intervención química en el mundo, es en la construcción de un primer significado de las normas básicas y utilizarlas para elaborar una comprensión de unos pocos experimentos. Los estudiantes, para construir este significado, han de conseguir:

- a) una nueva forma de observar el campo experimental: los objetos y acontecimientos que son pertinentes para la teoría / modelo y
- b) relacionar entre los objetos y los acontecimientos pertinentes para la teoría / modelo gracias a los nuevos conceptos y normas de trabajo.

Un 'modelo semilla' hace posible:

- a) una comunicación que trata de un nuevo dominio, entre los estudiantes y entre los estudiantes y el profesor,
- b) plantear nuevas preguntas pertinentes para el objeto de la investigación y, a continuación, nuevos problemas y experimentos
- c) identificar características comunes, o no, según el dominio científico en el cual se trabaja.

Por un lado esta teoría o modelo semilla debe respetar la información científica y por otro lado ha de ser comprensibles para los estudiantes y manejable por el maestro. Esta orientación implica la utilización de cualquiera de las palabras que pertenecen a los estudiantes o vocabulario para definir algunas palabras, que también implica la utilización de un razonamiento causal compatible con el razonamiento de los estudiantes. Este modelo semilla introduce un nuevo léxico específico (vocabulario) que se asocia a los conceptos básicos necesarios para asumir los aspectos teóricos y prácticos del dominio. Es necesario un profundo análisis de los contenidos científicos involucrados, a fin de seleccionar los conceptos primitivos de la teoría / práctica.

En la química o la biología, y más frecuentemente en física se les pide a los estudiantes que den «cuenta de las observaciones en términos de una ley determinada». Esto puede reflejar la mayor importancia de los modelos matemáticos de las relaciones entre las variables de la física que en las otras dos ciencias". En lo que respecta a la química le preocupa: a) información directa de la observación, b) determinar el valor de una cantidad que no se mide directamente (mol). En la enseñanza habitual, cualquiera que sea la experimentación, la variedad de actividades es muy pequeña: en física los modelos matemáticos es la actividad principal, mientras que en química lo es la observación. Sin embargo, la elaboración de modelos es una actividad esencial en las ciencias experimentales, que implica tener en cuenta las observaciones del campo experimental, las mediciones o los modelos matemáticos, pareciera ser que este tipo de actividad es muy poco habitual en el laboratorio. Este análisis podría llevar a varias opciones. En cuando a la ampliación del modelo semilla, en física, matemáticas, el aspecto de modelo está lejos de ser esencial.

No es tratar de sistemáticamente evitar modelos matemáticos que pueden ser inherentes a los conocimientos de física o la química. Nuestro objetivo en el desarrollo de una variedad de actividades para que los estudiantes tengan la oportunidad de establecer vínculos entre los fenómenos y los conceptos químicos. Otros estudios (Robinault-Becú, 1998, Leach, 1998, Sander et al., 1998) muestran el alto costo cognitivo de esas relaciones. Los estudiantes relacionan el fenómeno y el modelo sólo si se solicita explícitamente a hacerlo o, más generalmente, si la tarea invita a hacerlo.

2.2.10 Síntesis de esta sección.

Las reflexiones que hemos incluido en este bloque muestran algunos de los cambios que afectan a la enseñanza de la ciencia, como consecuencia de los cambios en la visión del conocimiento científico como una actividad humana. Estos cambios han sido lentos y se han influenciado no sólo por las ciencias cognitivas, que ponen de manifiesto que la ciencia es un producto del trabajo de las personas (científicos), sino también por la sociología de la ciencia, que pone de relieve la comunidad científica en la cual se genera el conocimiento. Se ha mostrado que es necesaria una enseñanza de la química que se desarrolla bajo un enfoque de modelización. Las ideas aquí congregadas en este apartado sólo representarían un primer intento en visualizar las maneras de actuar, hablar y pensar sobre el Cambio Químico, en una visión de ciencia escolar, en una programación de química, para maestros en formación inicial en primaria e infantil que se desarrolla según un proceso de modelización.

Hasta aquí este segundo bloque. Pasemos ahora a un tercer bloque donde en conjugación con el primer bloque teórico tomamos estas ideas y las ‘aterrizamos en un programa de enseñanza de la química’.

2.3. ACTIVIDAD QUÍMICA ESCOLAR: UNA PROPUESTA¹²⁴.

En esta sección revisamos el tercer objetivo de la educación química, *aprender a hacer química*. ‘Enseñar química a la ciudadanía’ va a ser muy diferente a lo que ha sido, en los últimos cien años, enseñar física, química o biología a un público seleccionado para ir a la Universidad. Enseñar ahora, en los centros que se requieren en la ‘sociedad de la información’, hace necesario el uso de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) y la adquisición de criterios para utilizarlas, lo cual supone cambios más drásticos que los que se han producidos en los últimos cincuenta años. Ya no es necesario almacenar información en la memoria, sino que lo que se enseña se aprenda de manera significativa para se pueda aplicar y permita continuar aprendiendo. Para ello va a ser necesario promover una actividad científica adecuada a los alumnos la cual requiera pensar, hacer y comunicar de manera coherente; y representarse mentalmente la situación experimental en la que se está interviniendo (Justi y Gilbert, 2002).

A pesar de que la actividad científica escolar (ACE) es diferente a la actividad llevada a cabo por los científicos, debe ser igualmente exigente desde un punto de vista intelectual sin dejar de adaptarse a las posibilidades de todos y cada uno de los alumnos. Para alcanzar ambos objetivos se hace imprescindible un cambio profundo en la programación de la asignatura de química, tanto en secundaria como en la formación de maestros. Es evidente que cuanto más lejos estén los alumnos de la comunidad química, tanto más se deberían cambiar los contenidos para adecuarse a los nuevos perfiles de alumnos; el proceso de transposición didáctica se hace cada vez más difícil y la reflexión didáctica, más necesaria. Esta reflexión resulta irrelevante, en cambio, para aquéllos que piensan que ‘el libro de texto’ corresponde a ‘lo que se ha de enseñar’ porque su ‘contenido’ es ‘la ciencia’ y que ‘enseñar’ se limita a ayudar a memorizar lo que dice el libro de texto. Por ello resulta difícil comparar los resultados obtenidos mediante la enseñanza tradicional, en la cual el profesor (a) es mediador entre el libro y el alumnado y la enseñanza que proponemos aquí, en la cual el profesorado y el alumnado, conjuntamente, dan significado químico a determinados fenómenos.

Nuestra alternativa a una programación para la enseñanza de la química que empieza por las fórmulas y la estructura atómica, pero no genera criterio químico, se basa en considerar problemas que surgen de la práctica de la química en un contexto cotidiano, introducir los conceptos químicos en la medida que son necesarios y representarlos mediante una teoría atómica que se va desarrollando al mismo ritmo que la intervención experimental. Se podría avanzar así, *paso a paso*, aprendiendo a controlar

¹²⁴ Las ideas vertidas en este apartado forman parte los trabajos de Izquierdo y Merino en:

Izquierdo, M y Merino, C. (2006) Un enfoque ‘modelizador’ para la enseñanza de una ‘química básica para todos’. *Actas 22 Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Septiembre, Zaragoza.

Merino, C y Izquierdo, M. (2008). Las reglas de juego en el tratamiento del descomponer y el quemar. *Actas 23 Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Septiembre, Almería.

Izquierdo, M. y Merino, C. (2009). Los modelos en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Septiembre, Barcelona.

interacciones entre materiales, a lo largo de los cursos de primaria y secundaria, y también en la universidad, para ir elaborando evidencias y conceptos en relación a los cambios químicos que son relevantes para el arte, la biología, la geología, la filosofía, la historia, la industria, la vida cotidiana, la tecnología. Proponemos tomar en serio fenómenos concretos que se presentan como problemas abiertos para 'modelizarlos' ('colonizarlos') mediante las ideas químicas fundamentales, representarlos mediante la teoría atómica, explicarlos con fórmulas que se van aprendiendo y desarrollando a medida que va siendo necesario que no es incompatible con un estudio serio de los temas propios de la química, aquéllos a los que no podemos renunciar porque constituyen piezas conceptuales necesarias para sostener los aspectos más abstractos de la disciplina. Con ello hemos elaborado una propuesta docente que consideramos apropiada para la formación de los futuros maestros.

Creemos, como muchos profesores de química, que aprender química es ser capaz de identificar los 'cambios químicos' en el mundo que nos rodea. Pero nuestra investigación aporta un punto de partida diferente: considera que 'estudiar química' es desarrollar una intuición sobre dónde hay cambios químicos, mantener abierta una pregunta sobre qué son estos cambios y un desarrollar un esfuerzo constante para controlarlos. Según este planteamiento, la teoría atómica adquiere un valor epistemológico diferente del actual: los átomos no son la explicación del cambio químico, sino que antes de llegar a ellos se ha de '*hacer química*' y conocer sus operaciones o formas de intervenir el mundo. Cuando ya hay '*actividad química*', los átomos se introducen y se caracterizan a medida que los cambios químicos en los que los alumnos puedan intervenir los hagan necesarios; constituyen así un excelente recurso que es imprescindible para sostener el pensamiento químico y (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003; Greca y Moreira, 2001, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005). Aportar nuevas ideas y nuevos recursos para aumentar la calidad y la eficacia de la enseñanza de la química mediante un cambio en los *contenidos a enseñar* es un reto y constituye un campo de investigación muy propio de la Didáctica de las Ciencias (DC).

Las preguntas de nuestra investigación se refiere al proceso de modelización, que consiste en partir de un fenómeno químico problemático (o problematizado con intención docente), intervenir en él, relacionarlo con otros fenómenos que ya conocíamos y explicar esta relación lo mejor posible mediante las ideas químicas que se van introduciendo. Como se ha dicho requiere tener en cuenta la potenciación de las relaciones entre el *hacer, el escribir y pensar*; la importancia de las actitudes; los modelos de evaluación; las tecnologías de la información y la comunicación; y desarrollar Actividad Química Escolar.

2.3.1. Una "nueva" programación para el proceso de modelización del cambio químico

El programa se presenta como secuencias de enseñanza-aprendizaje (Méhéut y Psillos, 2004) que se refieren, todas ellas, a interacciones entre materiales según lo que llamamos Modelo de Cambio Químico, que va a funcionar como una matriz que configure las explicaciones químicas que se irán generando en clase. En cada una de estas secuencias interviene un determinado grupo de fenómenos que presentan características prácticas y teóricas comunes, se presentan experimentos, lecturas, argumentaciones...para introducir de manera significativa las entidades químicas que

son necesarias para poder interpretarlos y, con ello, relacionarlos con otros grupos de fenómenos que ya se han identificado como cambios químicos.

Se dedican al curso 25 sesiones de trabajo, todas ellas con un referente experimental, con un total de 37 horas. Los estudiantes escogen un tema para desarrollar una pequeña investigación evaluable, como lo son sus trabajos de clase. Los temas del programa son los siguientes:

1. ¿Podemos transformar la madera en carbón? 'Descomponer no es quemar'. Substancias invisibles, pero que 'pesan'. La vela y la lana de hierro.
2. El agua y las aguas. ¿Vale la pena guardar agua de lluvia? El poder de una gota de agua. Interacciones 'gota' a 'gota'. Casi somos agua...Del agua al hidrógeno, del hidrógeno al agua: pasado y futuro de la química
3. El poder de la electricidad. Obtener plata a partir de radiografías...hacer cristales de estaño. Inventemos los electrones y los iones. Aprovechar las reacciones espontáneas. Una primera aproximación al 'átomo eléctrico' y a los enlaces químicos.
4. ¿Todo reacciona con todo? La tabla periódica: un 'sistema' de la química para ayudar a los químicos en su trabajo. Una breve excursión por la historia de la química: del oro al uranio. ¿Substancias simples o elementos? Los elementos de los alimentos y los elementos del cuerpo humano.
5. Los organismos vivos, gestores de las transformaciones de la materia y del aprovechamiento de la energía. Quemar un cacahuete, comerse un cacahuete. Calentar, hervir, asar, cocer, freír: interacciones y transformaciones de los alimentos en la cocina. La cooperación entre células para la gestión de la energía y de la materia. Transformaciones imposibles
6. El sol y la vida. La fotosíntesis. Los ciclos de los elementos ¿son abiertos o cerrados? La sostenibilidad del ambiente. La regulación del CO₂ en la Tierra: las estalactitas y las estalagmitas. El nuevo átomo hecho de luz
7. Los condicionantes económicos y sociales de la química. Asegurar que 'siempre sale igual lo que se quiere vender'. Asegurar que se aprovechan los residuos. Asegurar que no se malgasta energía.

Cada tema configura un campo estructurante del Modelo Cambio Químico. El conocimiento químico puede ser enseñado bajo campos y puede presentarse a partir de un '*hecho paradigmático*', es decir, un fenómeno sobre el cual giran los conceptos esenciales para la comparación y gestión del cambio químico en este campo.

Asimismo esta idea la abordamos como epítome (Adúriz-Bravo, 2005). Desde aquí hemos venido trabajando y buscando los epítomes apropiados siguiendo los siguientes criterios:

- Seleccionar un tipo de contenido organizador.
- Listar todos los contenidos organizadores que sean enseñados en el curso.
- Seleccionar algunas ideas del contenido organizador que sean las más básicas, simples i/o fundamentales.
- Presentar estas ideas a un nivel de aplicación concreto.

Los campos estructurantes seleccionados se trabajaron, todos ellos, mediante las ideas irreductibles del cambio químico:

- la formación de nuevas sustancias,
- la conservación de los elementos,
- equilibrios, vinculados a la energía,
- la conservación de los elementos.

Estas cuatro ideas han permitido mirar un fenómeno con una carga teórica que permite a los estudiantes posicionarse ante el hecho y pensar, decir y actuar al 'solucionar' las preguntas o hipótesis teóricas que tiran al reflexionar ante: ¿Qué tengo? ¿Qué hago? ¿Qué pasa? ¿Por qué pasa? ¿Hasta cuando pasa? Todo explicitado desde la química que pueden hacer, pensar y decir.

El fundamento teórico de nuestra propuesta de modelización toma como referente las ideas del filósofo R.N. Giere y han sido expuestas y trabajadas en Izquierdo y Adúriz-Bravo (2005) y en Izquierdo (2004; 2006), del cual reproducimos el esquema siguiente, correspondiente al proceso de modelización (Fig. 2.2).

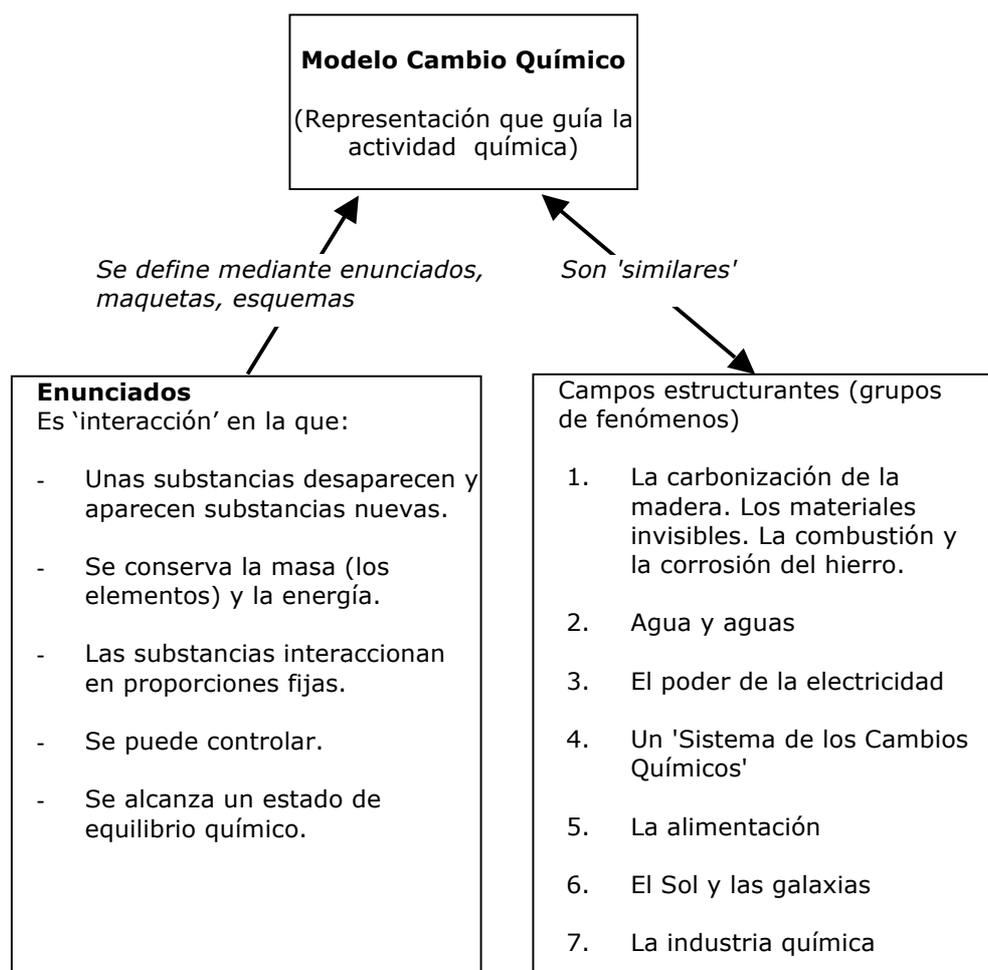


Figura 2.2. Los fenómenos del mundo pasan a ser Cambios Químicos cuando coinciden con el MCQ, el cual puede definirse de la manera apropiada para que el acoplamiento sea posible

Al desarrollar esta programación se obtuvo una considerable batería de materiales y producciones de los alumnos (Merino e Izquierdo, 2008). El diseño de los problemas (conceptuales) que resolvieron (Izquierdo, Couso y Merino, 2008) forman parte de otra investigación que se desarrolló en paralelo que fueron analizados mediante redes sistémicas con la finalidad de identificar la emergencia de las entidades químicas vinculadas a experimentos cruciales de química.

En la medida que se desarrolló la programación, se fue gestando la preocupación por definir el problema a abordar como trabajo de investigación junto con qué elegir para ello de todo lo que estábamos haciendo: cómo desintegrar analíticamente aquello que está unido en la práctica y qué parte de todo lo llevado a cabo tomar como ejemplo. Al mismo se iban identificando algunas dificultades del alumnado cuando han de pensar sobre los fenómenos químicos, que son comunes en todos, tanto si han estudiado previamente química en el bachillerato. Lo que más nos sorprendió fue el desequilibrio entre lo que los alumnos conocen sobre el átomo y la falta de comprensión del mol, y de la magnitud de la cual es unidad, la cantidad de sustancia.

2.3.2. QUIMICA PASO A PASO: contextualizar y modelizar el cambio químico.

Para que nuestros estudiantes desarrollaran 'Química paso a paso' nos llevó a idear que los profesores pudieran organizar la información (química) que les permita decir que esperan del mundo, pudieran intervenir y a hacer de esto nuestro problema de investigación. En general se dio énfasis a preguntas que definan propósitos fundamentales: a) *¿qué tengo?*, b) *¿qué hago?/ ¿cómo lo hago?*, c) *¿qué pasa? y finalmente d) ¿por qué pasa? /¿hasta cuándo pasa?*. Son preguntas que desde la disciplina guardan relación con: *transformar* y *modelar*. Estas preguntas han sido esenciales para abordar un número considerable de ideas básicas de química que se han desarrollado en la secuencia que hemos escogido para ser investigada, que refiere a un campo estructurante, que se conecta en un epítome y en una secuencia de aprendizaje.

El proceso de modelización '*centrado en la actividad científica escolar*' como hemos revisado en líneas superiores es complejo, puesto que los estudiantes o bien no conocen la teoría química subyacente ni sus aplicaciones ni sus lenguajes o bien conocen los lenguajes de la teoría pero no saben aplicarla. Se ha de desarrollar, como se ha ido viendo hasta aquí, a partir de la formulación de buenas preguntas en la resolución de problemas y el trabajo experimental, de la lectura de buenos textos y de la argumentación al interpretar los resultados de las intervenciones, todo ello con el objetivo de dar sentido a un conjunto de 'hechos' aparentemente diferentes entre sí, pero que se van a poder interpretar de manera similar mediante las entidades propias de la teoría que se van a ir introduciendo en clase (Izquierdo, Espinet, Sanmartí, 1999).

La figura 2.3, representa y compara ambos procesos. Siguiendo a Izquierdo (2004) a modo de ejemplo, si un experto (izquierda) contrasta un nuevo fenómeno con un modelo teórico que ya conoce o que intuye que va a funcionar. A partir de este modelo puede hacer una previsión del resultado de una determinada intervención experimental que va a realizar; si la previsión según el modelo coincide con el resultado del experimento y si no hay ningún otro modelo que pueda hacer la misma previsión, el

nuevo fenómeno se va a explicar mediante las entidades propias del modelo teórico. Un 'novato' que se introduce en la disciplina ha de 'ambientarse' en una nueva cultura, ha de aprender a preguntarse sobre cantidades y relaciones, a intervenir experimentalmente mediante nuevos instrumentos que requieren nuevas maneras de actuar y que toman sentido en unos modelos que aún no conoce; no tiene autonomía para actuar y necesita de un profesor que le guíe en su actividad científica. En este segundo caso, lo primero que se va a tener que hacer es presentar un determinado conjunto de hechos (los que se van a llegar a interpretar de manera parecida) y sugerir el modelo que va a permitir establecer relaciones entre estos hechos, más abstractas que las que explicarían detalles de cada uno de ellos pero bien asentadas en la cultura científica y capacidades cognoscitivas del alumnado (Justi y Gilbert, 2002)¹²⁵.

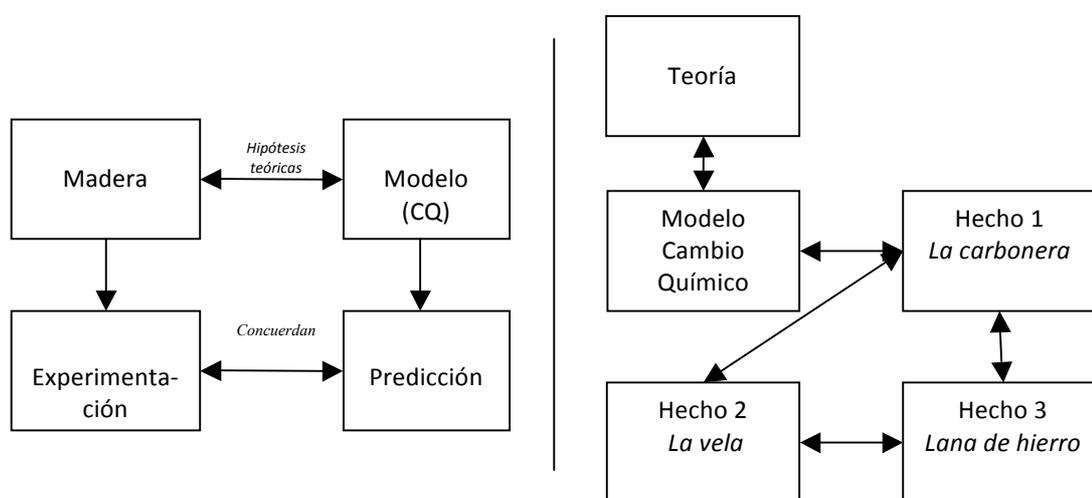


Figura 2.3. Comparación entre el proceso de modelización en la ciencia y el proceso de modelización en la enseñanza (adaptado de Izquierdo, 2004).

2.3.3. Una manera de mirar, las actuaciones en una programación basada en modelización.

Desde los apartados iniciales hemos intentado converger en el objeto que aquí nos reúne. Así la pregunta inicial se continúa perfilando en el marco teórico y metodológico, como lo hará en los resultados y conclusiones. Según la visión de ciencia, Modelo y lenguaje que se ha ido presentando para poder hablar de un Modelo Teórico es necesario actuar, hablar y pensar de manera coherente sobre un fenómeno; si este es 'químico' es cuando podemos referirnos al Modelo Cambio Químico. A continuación, presentamos un primer intento en visualizar las maneras de actuar, hablar y pensar sobre el Modelo Cambio Químico.

¹²⁵ Justi, R., Gilbert, J. (2002) Models and Modelling in Chemical Education, en J. Gilbert et al. (ed), 'Chemical Education: Towards Research-based Practice', Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 47- 68.

2.3.4. Lenguaje-Experiencia-Representación (LER) una perspectiva cognitiva para mirar el cambio químico.

Cada aprendiz (como todas las personas) tienen diversas capacidades cognoscitivas que se pueden presentar según diferentes dimensiones, irreducibles una a la otra: el pensamiento (que opera mediante representaciones de la realidad, que en ciencias corresponden a las teorías científicas), la acción (que se deriva de la capacidad de desarrollar actividades de transformación del mundo, que en ciencias corresponden a la experimentación) y la comunicación (que se manifiesta mediante diversos lenguajes, que en ciencias corresponden a los especializados de las diferentes disciplinas). Así, en las personas, cuando *'algo en el mundo tira de ellas'*, cuando se persigue una finalidad que interesa alcanzar porque es valiosa, entonces se piensa sobre lo que se hace, se inventan los lenguajes adecuados a la nueva experiencia y se establece un consenso respecto a los que van a permitir comunicarla, para continuar actuando, pensando, comunicando con éxito hasta alcanzar la meta (Guidoni, 1985; ver figura, 2c). En caso contrario, cuando las preguntas no son las adecuadas, los lenguajes resultan vacíos, las teorías no tienen un significado experimental y los experimentos se llevan a cabo como si fueran una receta de cocina.

Actualmente Howard Gardner¹²⁶, menciona más dimensiones del sistema cognitivo humano y las llama inteligencias múltiples. Pero para nuestros fines estas tres son ya bastante importantes. Son tres dimensiones muy diferentes y una no suple a la otra, se necesitan las tres; cuando hay conocimiento emergente, hay una finalidad en el mundo, algo que interesa y que invita a pensar y a elaborar conocimiento, las tres dimensiones van a la una, es decir, se piensa en lo que se hace y se representa lo que piensa y lo que se hace.

Cuando enseñamos, enseñamos con un lenguaje que otros (científicos) ya han inventado y no sobre experiencias vividas por los alumnos, sino sobre experiencias de otros; con ello, pueden ir absolutamente desconectadas las tres dimensiones. Por tanto, no podemos obviar las experiencias científicas, que no es reproducir un experimento, sino que es tener una vivencia de algo que se hace y que tiene un sentido, sobre lo cual se puede pensar en los términos científicos. Esto se ha de *'crear'* en la clase. Por eso es que hablamos de la clase de un lugar donde debemos crear Actividad Científica Escolar (ACE).

¹²⁶ Gardner, H. (1983). *Multiple Intelligences*, Basic Books. [Trad. Cast. "Inteligencias múltiples" Barcelona: Paidós].

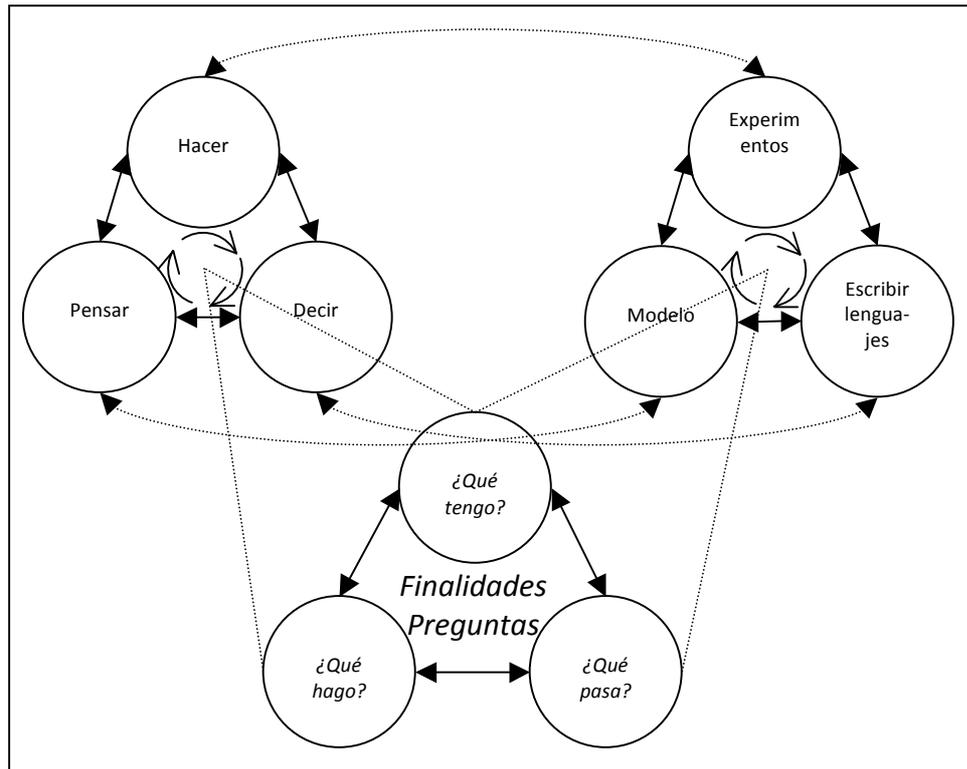


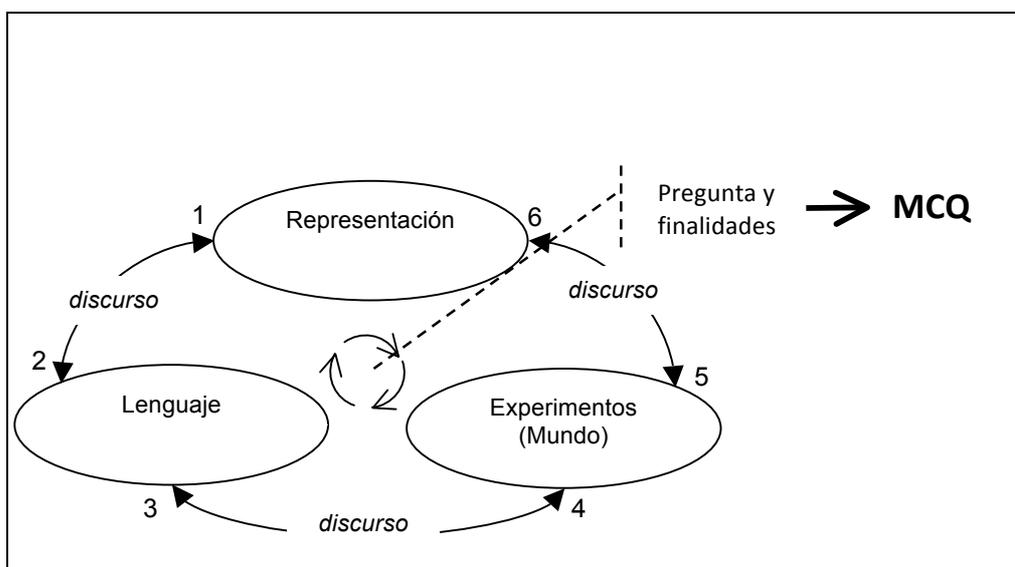
Figura 2.4. Las 3 dimensiones de la cognición inspiradas en Guidoni (1985)¹²⁷

Nuestra manera de mirar, según las dimensiones cognitivas envuelve tres grandes categorías en juego en la investigación científica según la epistemología.

1. el saber, pensar (modelos, teorías)
2. el hablar, comunicar (diferentes lenguajes: verbal, escrito, multimedios, otros)
3. el hacer, actuar, las experiencias, los experimentos

La cuestión es cómo hacer que la pregunta que da sentido a una disciplina (química, en nuestro caso) tenga también sentido para quienes están aprendiendo. Consideramos que un problema es que, con frecuencia, los experimentos se reducen, de acuerdo con la tradición empírica, al 'qué vemos'; o bien el experimento se identifica con su representación según la especificidad de la teoría científica conforme a una perspectiva positivista. Creemos que de esta manera la posibilidad de un acercamiento crítico y significativo a las pruebas basadas en las teorías se reduce. El fenómeno específico como parte del '*mundo real*' está allí afuera, puede representarse mediante entidades 'en mente' que forman 'teorías', pero no es comunicable; la parte real del fenómeno (que existe o se construye) no habla por sí mismo. La vinculación entre teoría-práctica, discutida en líneas superiores, surge del proceso argumentativo que se produce en la figura 2.4, en la cual se guían los significados específicos de la intervención experimental, de los lenguajes específicos y de las entidades conceptuales que los forman. La relación Lenguaje-Experimento-Representación puede contener varios significados. Es decir un pedazo del mundo real puede ser representado por varias clases de evidencia, de ideas, lenguajes.

¹²⁷ Guidoni, P. (1985). On Natural Thinking. *International Journal of Science Education*, 7 (2), 133- 140.

Figura 2.5. Primer esquema $L \leftrightarrow E \leftrightarrow M$ o $L \leftrightarrow E \leftrightarrow R$

Según la figura 2.5, las preguntas que guiarán el desarrollo de este trabajo se centran en torno a estos 6 puntos. Es decir, posicionar a los casos de análisis, en función a sus construcciones e interacciones (ya sea a nivel de; discurso, producciones y transformaciones), por ejemplo sería decir:

Cuando Lorena: dice, escribe, hace referencia, se plantea, opina sobre ‘...’ la posicionamos en la transición 1.

Transición	Descripción	Ejemplo
1
2
3
4
5
6

Tabla 2.5. Primer esquema para coleccionar las transiciones $L \rightarrow E \rightarrow R$,

Por ejemplo podríamos decir que los estudiantes que recibamos en nuestra programación dominan en algún grado un modelo ‘atómico-molecular de fórmulas’ (el lenguaje son las formulas y los modelos son los átomos), pero les falta el dominio del experimento. Pero, no es que no puedan hacer el experimento, sino que no ‘ven’ que el modelo ‘sale’ del experimento, que hay relación con el experimento. Es como si fueran dos realidades, como si el modelo digiera a cosas que permitiera ver aquello ‘que no vemos’ en el experimento, porque lo estás viendo con lupa (donde el modelo es la lupa). Pero en cambio, esto no es un modelo. Un modelo no es que se vea más o menos. Sino que el modelo es lo que permite ‘ver’ que un experimento es igual a otros..., y es intencionado. Por ejemplo, podemos decir que la oxidación del hierro es lo mismo que la del hidrógeno. Si miráramos con ‘lupa’ estos dos fenómenos serían muy diferentes. Por tanto, el Modelo es aquello que nos hace decir que estos dos fenómenos son iguales. Si bien, la relación se podría establecer a un nivel teórico, lo que queremos decir, es que ambos fenómenos son iguales a un nivel *modelizador*, es decir, que en la práctica de la disciplina (química), han sucedido cosas que nos hacen poner en un mismo paquete

estos dos fenómenos. Por tanto creemos que lo que falla a los estudiantes es que no son capaces de ver los experimentos relacionados entre sí debido a cómo se manipula, cómo se utiliza... sin pasar directamente a verlo en términos de cómo lo interpreta el átomo bajo una concepción física, por lo tanto, que es el único modelo que utilizan. Hay otros modelos a utilizar que no sea solamente el átomo. Por ejemplo, modelos de acción del instrumento que estamos desarrollando.

Si retomamos el triángulo Lenguaje- Experimento-Representación (de ahora en adelante LER), los estudiantes lo usan para explicar pero a un nivel muy determinista: a) los átomos lo explican todo, b) todo se puede decir con fórmulas, sea cual sea la experiencia (experimento).

En la realidad, es la variante del experimento la que enriquece este proceso. Por tanto, ¿será posible encontrar experimentos, actividades, cosas a hacer en clase que puedan ser utilizadas por los estudiantes para enriquecer sus modelos y sus lenguajes en química? Ejemplos en los cuales nos permita ir del mundo hacia el modelo, del modelo hacia el mundo, del modelo al lenguaje, del lenguaje hacia el modelo,...lo crucial y lo que le falta a la química (su enseñanza), es enseñar a pensar que no todas las cosas son iguales. Es el experimento el que nos señala e indica las diferencias entre las sustancias. Las sustancias químicas no son todas iguales, y para los alumnos como todos son átomos, todos son fórmulas, todo es igual, no se fijan en el experimento como algo que justamente hace que un químico sea un químico...como huele, la textura, etc.... todo esto da pistas para hacer inferencias y ver que las inferencias nos muestran que un experimento no siempre es igual a otro.

Por tanto todos los fenómenos (químicos) se representan según un mismo Modelo se han de poder decir de la misma manera y todas las cosas que están en un modelo en un punto se han de poder hacer de la misma manera. Por tanto cuando se está 'jugando' de una determinada manera el lenguaje y los experimentos se han de correlacionar entre sí. En ciencias esta relación ya viene dada automáticamente, dado que cuando un científico necesita inventar un lenguaje para interpretar este fenómeno, el lenguaje le sirve para caracterizar las entidades teóricas y estas le sirven para interpretar el experimento. Pero cuando el alumno se encuentra con un lenguaje ya hecho, entonces el docente tiene la doble tarea de insistir en que aprendan este lenguaje, ya que para los alumnos no tiene el significado que éste tendría. Para el primer científico que interpretó un proceso de oxidación como un proceso de intercambio de electrones esto era muy clarificador, pero para un alumno no puede estar tan claro este fenómeno, por tanto en el aula se ha de trabajar la relación a nivel de lenguaje (oxidación), además el modelo. Así, sería susceptible pensar que las nociones LER, permitirían: explicar, describir, evaluar o caracterizar los conocimientos, cometidos o entidades que se activan y que manejan los estudiantes en torno al cambio químico. Las tres a la vez, cuando se relacionen de manera coherente, constituyen lo que llamamos un Modelo Teórico que, en nuestro caso es el Modelo Cambio Químico.

De esta discusión presentamos en la tabla 2.6, a modo de ejemplo la siguiente caracterización a priori que nos permita mirar el contenido de las producciones de los maestros en formación inicial de primaria e infantil, que participan de nuestra programación de enseñanza química básica para todos. Con ello, la validamos y la proponemos como camino para identificar tanto los indicadores del proceso de modelización que andamos buscando como las características del Modelo Cambio Químico, calificado nuevamente como Modelo Teórico Escolar.

Sentencias	Paradigma	Complemento que enriquece la explicación de la sentencia y el paradigma	Representación de la noción LER	Evidencia <i>Si veo, entonces (por tanto)</i>
La madera es cómo el pan.	Tenemos madera y pan que son hechos del mundo. En el momento en que decimos ' <i>es como...</i> ' y los ponemos juntos, estamos formando un modelo. Un modelo de la madera, el pan y otras cosas.	Los fenómenos tendrán cosas en común que conforman el modelo	E → R	i. emergen analogías ii. se establecen semejanzas entre fenómenos
Las personas son como la madera y el pan.	Tenemos el modelo y este nos permite interpretar otro hecho del mundo, que es la persona.	En este caso la persona al imaginarla toda como material... al mundo de los fenómenos. Por qué se parece a la madera y al pan.	R → E	iii. una relación establecida previamente, ayuda a interpretar nuevos fenómenos
La madera, el pan y las personas están hechos de carbono.	Ahora cuando decimos que estas tres cosas ' <i>están hechas de carbono</i> ' - del modelo - estamos dando un lenguaje o algo que ayuda a caracterizar este modelo, este modelo tiene carbono.	La palabra (carbono) es lo que tienen en común. Previamente vemos esta igualdad, pero ahora le damos un nombre. El carbono.	R → L	iv. nombrar cosas (p.e. carbón o carbono)
La celulosa tiene la fórmula.	Al decir que la celulosa tiene una fórmula, no estamos diciendo que es el lenguaje del modelo, sino, que es el modelo el que necesita un lenguaje.	La palabra ' <i>celulosa</i> ' viene de afuera (de un libro), entonces al vincular la celulosa con la fórmula (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n y decir que es la madera, estamos dando nombre a una cosa que era un ingrediente (uno de los elementos del modelo). Al darle una fórmula proporcionamos una estructura, y es el lenguaje el que aporta a esto. La fórmula, la visualización de las letras es lo que aporta el lenguaje al modelo.	L → R	v. ofrecer una ' <i>palabra</i> ' (fórmula) que ayude a interpretar vi. el trabajo de explicar el modelo vii. ofrecer ' <i>palabras</i> ' pensando que esto enriquece, concreta el modelo
Las fórmulas de la madera, el pan y el cuerpo humano han de tener el símbolo C...	Ahora cuando tenemos cosas del mundo que están juntas – por qué están juntas – porque el lenguaje es el que las unifica... <i>todas tienen carbono</i>	Si volvemos al experimento y como hemos dicho que es todo lo mismo (carbono) ahora desde el punto de vista del lenguaje, tiene el C, volvemos a ver el fenómeno incorporando el nuevo lenguaje. Estamos mirando el experimento y desde el lenguaje en el cómo lo diríamos, estamos incorporando un nuevo lenguaje.	E → L	viii. un experimento nuevo necesita una palabra nueva o se busca para ser expresada.
por ejemplo 0,8 Kcal/g de cacahuete.	Aquí también hablamos del modelo, pero concretamente estamos trabajando a nivel de relación del lenguaje.	Otra cosa nueva que viene del lenguaje, en este caso estamos hablando de un número, estamos sacando momentos. Cuando en ese momento estamos haciendo un cálculo...tener la noción de Kcal. Permite decir para que sirve, para la vida...viene de una medida analizada y contextualizada, por unidad de materia transformada aplicada en química.	L → E	ix. lenguaje que surge para interpretar un experimento nuevo. x. guiones de práctica xi. procedimientos

Tabla 2.6. Caracterización a priori de las relaciones lenguaje-experimento-representación

2.3.5. Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es transitar por los 'dominios' de la realidad.

Como avanzamos en el apartado 2.2.9, sobre las secuencias de enseñanza y el modelo semilla, éste introduce un nuevo léxico específico (vocabulario) que se asocia a los conceptos básicos necesarios para asumir un campo experimental y transformarlo en científico. Finalmente, los estudiantes proceden acceder a dos niveles de interpretación: la primera, una descripción del sistema y la otra anclada a una descripción molecular. Sus ideas viajan entre dos mundos, uno real y otro reconstruido. Para mirar la organización mental de estos dos mundos podemos situarla bajo cinco subdominios sugeridos por Le Maréchal (1999)¹²⁸, que pueden ser usados para describir, lo que se pretende en la enseñanza de la química (ya sea clásica o innovadora).

Subdominios y ejemplo (tomado de Le Maréchal, 1999)	Códigos
<p>1) Subdominio de objeto. En el mundo real, en el subdominio de los objetos, p.e. tenemos un frasco de vidrio incoloro con dos líquidos. Los líquidos incoloros son objetos reales. El objeto reconstruido correspondiente a estos líquidos son p.e. ácido etanoico y hidróxido de sodio. Para los no químicos, ácido etanoico no es más que una palabra que puede ser escrito en la etiqueta del frasco con los líquidos incoloros, pero para los químicos, esta palabra, cuando se administra a una sustancia, pide a la mente muchos conceptos y les permite diferenciar objeto real (líquidos) de los reconstruidos (sustancias químicas)</p>	Objeto real (OBR)
	Objeto reconstruido (OBRe)
<p>2) Subdominio de la representación. Para un no químico, el ácido etanoico puede ser representado por palabras (los líquidos incoloros, que han sido derramados en un erlenmeyer) o dibujado. Todos ellas pertenecen a la semiótica del subdominio de las representaciones del mundo real. Representaciones del mundo real también son útiles para los químicos. Los químicos también pueden trabajar con representaciones reconstruidas como CH₃COOH (o cualquiera de las otras maneras de expresar esta estructura química). Los símbolos químicos, fórmulas desarrolladas, y representaciones de redes cristalinas con esferas (dibujos) son representaciones de objetos reconstruidos</p>	Representación semiótica (ReS)
	Representación objeto reconstruido (ReOre)
<p>3) Subdominio de los eventos Durante una valoración, se producen varios eventos, como el goteo de la base (mediado por la bureta), pero es un evento de especial interés: el líquido incoloro en el erlenmeyer se torna rosa después de un tiempo. Este evento es inesperado para los no químicos. Este es un hecho real que todos estarán de acuerdo sobre. Para el químico, este hecho real indican que la valoración a finalizado: consideran que la valoración está representada por la ecuación química. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$ La ecuación es un caso reconstruido. Los químicos asocian los hechos reales (el cambio de color) con los reconstruidos (ecuación química)</p>	Evento (Ev)
	Evento reconstruido (EvRe)
<p>4) Subdominio de las propiedades Para los no químicos, los líquidos que participan en esta titulación tienen varias propiedades. Por ejemplo, la solución en el matraz tiene un sabor ácidos (que es, de hecho, la acidez del vinagre). Podemos decir que se trata de una propiedad real. Los romanos conocían las propiedades de esta bebida a pesar de que no tenía en cuenta las ideas químicas. Para los químicos, las propiedades del ácido etanoico es más que un gusto. Se refiere a una teoría, por ejemplo, la teoría ácido-base de Bronsted. Llamaremos a esto una acidez Bronsted que es una propiedad reconstruida de la solución</p>	Propiedad (P)
	Propiedad Reconstruida (PRe)
<p>5) Subdominios de reglas, modelos, leyes y teorías Las reglas reales pueden dividirse en sociales y empíricas. En el caso de valoraciones, imaginemos que cualquier no químico podría seguir un protocolo que dice lo siguiente: Toma 10 cm³ del líquido llamado "ácido" y añade unas gotas del líquido de la botella etiquetada como "indicador". Añade el líquido de la bureta gota a gota hasta que vire al color rosa. Anotar el volumen gastado por la bureta. La regla "dejar de añadir la base, cuando se vuelve de color rosa" es una regla empírica que no</p>	Regla (R)

¹²⁸ Le Maréchal, J.F. (1999) Modelling student's cognitive activity Turing the resolution of problems base on experimental fact in chemical education. In Leach, J. y Paulsen, A. (Eds) *Practical work in Science Education* (195-209) Dordrecht: Kluwer Academic Public.

<p>necesita competencias químicas. Tan pronto como alguien enseña lo elemental de la manipulación de vidrio, puede seguir las instrucciones siguientes para realizar una valoración y obtener datos excelentes. Así es que consideraremos esta regla empírica como parte del mundo real.</p> <p>Esta regla empírica se asocia con una base teórica sobre la acidez: el papel del indicador ácido-base, el salto de pH durante la valoración y así sucesivamente.</p> <p>Estas corresponden a reglas reconstruidas. Teorías, modelos de leyes y que posiblemente han de volverse a escribir con fórmulas matemáticas o reglas que se consideran pertenecer a un subdominio del mundo reconstruido. En el ejemplo anterior un cambio no tiene acceso a las reglas reconstruidas. Se trata de teorías. Leyes y modelos que proporcionan la interpretación y las predicciones de los químicos</p>	
---	--

Tabla 2.7. Organización a priori de los mundos

Así las ideas vertidas en las tablas 2.4 y 2.5 serán nuestros puntos de referencia para dar operatividad a las maneras de mirar el Cambio Químico de nuestros maestros en formación inicial de primaria e infantil.

2.3.6. Síntesis de este bloque

Al finalizar la reflexión teórica distribuida en los tres bloques, vemos una progresión y concreción en la cantidad de ideas que hasta aquí se han colectado. En el primer bloque hemos revisado algunos enfoques sobre enseñanza de la química. En el segundo al referido a la modelización y en el tercero una aplicación de la reflexión realizadas en el primer y segundo bloque. Con lo cual precisamos mejor la idea de 'Modelo Teórico' con la cual emprendemos esta investigación. A continuación presentamos el marco metodológico de nuestra investigación.

3. Metodología y datos de la investigación

En el capítulo uno se han planteado las preguntas y los objetivos a lograr en esta investigación y en el capítulo dos se ha discutido el marco teórico de referencia. En este capítulo cabe presentar qué metodología de investigación se ha empleado para conseguir los objetivos descritos. La consecución de los dos primeros objetivos (I y II) se ha desarrollado a partir de materiales impresos, es decir, textos escolares de química y propuestas de enseñanza (proyectos) e informes de investigaciones que recogen ideas de los estudiantes de primaria y secundaria sobre el cambio químico. En cambio, para lograr el objetivo específico III se ha trabajado con alumnado de la carrera de *'Mestre. Especialitat d'Educació Infantil (diplomatura) y Especialitat d'Educació Infantil (diplomatura)'* de l'Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona. A continuación se describe la metodología utilizada para lograr cada uno de los objetivos en función de la muestra utilizada.

3.1. LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. NUESTRO PUNTO DE PARTIDA

Para logro de los objetivos propuestos (I, II y III) nos hemos guiado a través de los preceptos de la investigación cualitativa, pese a que habrá algunas diferencias en el tratamiento de los datos colectados para a) el análisis de los textos y programas e ideas previas /alternativas y b) el análisis de las producciones de los alumnos en la clase.

Flick (2004)¹, establece que actualmente se dispone de una variedad de métodos cualitativos específicos que nacen de diferentes premisas siguiendo propósitos distintos. Cada método se basa en una comprensión específica de su objeto de indagación.

Cualquier práctica investigadora puede concebirse como un acto que tiene lugar en un contexto específico, en el que el investigador toma decisiones (implícita o explícitamente) que revelan su adherencia ideológica, su compromiso. Dichas decisiones incluyen la elección del tema de estudio, su enfoque teórico desde paradigmas y perspectivas concretas, así como la utilización de unas estrategias y técnicas metodológicas.

¹ Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata: Madrid [Qualitative sozialforschung, 2002. Rowohit Taschenbuch Verlag GmbH, Reidek bei Hamburg]

La naturaleza de esta investigación es interpretativa, ya que investigar en educación es comprender la actividad humana desde los significados e intenciones de los sujetos que intervienen en el escenario. Para cada objetivo propuesto se desarrolló una manera de proceder pero siempre dentro del marco cualitativo. Desde esta perspectiva, el propósito de la investigación educativa es interpretar y comprender los fenómenos educativos más que aportar explicaciones de tipo causal (Latorre et al, 1996). Brevemente a nivel histórico, podemos situarnos en el periodo '70-80 cuando el debate teórico entorno a las metodologías de investigación educativa es creciente como resultado de la influencia de otras disciplinas dentro de las ciencias sociales: la antropología, la sociología y la sociolingüística son alguna de las más relevantes (Bisquera, 2004)². Prueba de ello es la aparición de obras de referencia obligada en las investigaciones educativas sobre metodología cualitativa, entre la que destaca la tercera edición del *Handbook of Research on Teaching* (Wittrock, 1986). En otras obras relevantes de esta época se destacan Cook y Richardt (1986)³, Woods (1987)⁴, por nombrar algunos autores los que se unen más recientes como Sandín (2004)⁵, Flick (2004)⁶ y Bryman (2008)⁷.

Desde la perspectiva interpretativa no nos limitamos a la simple descripción del proceso y sus agentes, sino que deseamos generar conocimientos, metodologías, instrumentos, que posibiliten la comprensión de realidades similares, sin pretender la generalización pero sí la transferibilidad (Guba, 1993), es decir, una cierta relevancia de la interpretación en contextos similares al investigado. En esta misma línea, los resultados obtenidos mediante la investigación interpretativa también pueden contribuir a la creación del conocimiento en el campo de la Didáctica de las Ciencias (química) y a su progreso; en nuestro trabajo a dar cuenta del tratamiento de los fenómenos y el cambio químico, como conocimiento a enseñar.

En esta investigación se analiza: a) las maneras de presentar el cambio químico en los textos escolares y proyectos, es decir la relación entre fenómeno químico y la teoría; b) las maneras de mirar el cambio químico por los estudiantes, reportados en algunos informes de investigación; y finalmente c) la(s) forma(s) en que profesores en formación en primaria e infantil se apropian del estudio del cambio químico y del cómo se evidencia a través de sus producciones orales y escritas en el marco de una asignatura-proyecto, a la cual llamamos '*química paso a paso*' (Qp₂). Así, para el objetivo I y II en el establecimiento de las categorías de análisis de la investigación se optó por usar redes sistémicas (Bliss, 1983; Bliss, Ogborn y Grize, 1979)⁸. Mientras que para el objetivo III se optó por una orientación metodológica de estudio de casos (Bisquera, 2004).

² Bisquera, R. (2004). *Metodología de la Investigación educativa* (coord.)Ed. Muralla: Madrid.

³ Cook, T. y Richardt, C. (1986). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Morata: Madrid.

⁴ Woods, P (1987). *La escuela por dentro. La etnografía en la investigación educativa*. Paidós: Barcelona.

⁵ Sandín, M. (2004). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. M^c Graw Hill Interamerica: Madrid.

⁶ Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata: Madrid

⁷ Bryman, A. (2008). *Social reseach method*. Oxford University Press: Oxford.

⁸ Bliss, J. (1983). *Qualitative data analysis for educational research*. London: Croom Helm.

Damos cuenta del proceso que sigue el conocimiento del cambio químico ilustrado en los textos escolares y por los estudios en torno a las concepciones (objetivos específicos I y II), así como del proceso que también seguirán los participantes del programa de química (profesores en formación en primaria), desde sus actividades, con el objeto de describir y caracterizar plausibles *itinerarios del proceso de modelización del cambio químico que siguen los participantes en un curso de química* (objetivo específico III).

Asimismo, deseamos notar que bajo el enfoque cualitativo, el análisis de los datos se caracteriza por ser una operación donde, reflexivamente, las afirmaciones y preguntas se generan en las pruebas, y las pruebas se definen en relación con las afirmaciones y las preguntas. En un sentido fundamental, el re-analizar datos nunca se detiene, y es por ello que a veces es tan difícil para los investigadores cualitativos llevar su trabajo a la clausura (para profundizar véase, Erickson, 1998, p. 1164)⁹

La metodología de nuestra investigación se ha alimentado de los siguientes referentes:

- a) Ámbitos y líneas propias de investigación del Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona, particularmente en:
 - Cultura y educación matemática y científica para una ciudadanía responsable, en la línea: fundamentación de la enseñanza de las ciencias en la historia y la filosofía de las ciencias.
 - Procesos en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y de las matemáticas, en la línea: la competencia comunicativa en las clases de ciencias: análisis de estrategias orientadas a construir y compartir significados en el proceso de aprendizajes de modelos científicos. Esta última Línea de trabajo, también se desarrollada en marco del grupo de investigación LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències; referencia 1502), al que pertenecen el autor y directora de este trabajo, que también es propiciada por sus miembros, su cuerpo directivo y docente.

- b) El inicial, continuo y permanente trabajo que han seguido las tesis doctorales dentro del Departamento, centrado en la especialidad de la química, destacando los trabajos de Sanmartí (1989)¹⁰ sobre las dificultades en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y compuesto; Solsona (1998)¹¹ sobre la emergencia de la interpretación de fenómenos químicos a través de los razonamientos de los estudiantes entorno al cambio químico; Quintanilla

Bliss, J., Ogborn, J. y Grize, F. (1979). The analysis of qualitative data. *European Journal Science Education*, 1(14), 427-440.

⁹ Erickson, F. (1998). Qualitative research methods for science education. In Fraser, B. y Tobin, K. (eds) *International Handbook of Science Education*, pp.1155-1173. Kluwer Academic Publishers: London.

¹⁰ Sanmartí, N. (1989) Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona: Bellaterra

¹¹ Solsona, N. (1998) *L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.

(1997)¹² desde la creatividad en el experimento escrito y el cambio químico, Linares (2004)¹³ en torno a la enseñanza de la química, átomo, elemento, sustancia simple y tabla periódica; Perserguer (2006)¹⁴ sobre la gestión de la clase, los instrumentos de apoyo y reflexión en torno al cambio químico. Entre otros trabajos en progreso como Agudelo (2009) sobre las compresiones de la tabla periódica en los libros de textos; Irazoque (2009) sobre la resolución de problemas entorno al equilibrio químico; Estaña (1996, 2001) en la importancia de los ejemplos en química y en la función del lenguaje en el proceso de modelización del cambio químico, entre otros. Todos estos trabajos han contribuido para ir *“creando un marco propio en la investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de la química”*. Como colectivo llevamos más de 20 años intentando comprender los condicionantes que imponen los diferentes contextos en la emergencia del conocimiento científico-químico e identificando aquellos que son propios de la escuela. Para alcanzar este objetivo transversal en todos estos trabajos de investigación (finalizados, en curso, o en estados de resignificación) han profundizado en la función del lenguaje especializado y de los símbolos, tanto en la historia, filosofía y epistemología de las ciencias (química) como en la enseñanza de las ciencias (química) y en los modelos teóricos (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003).

No obstante, el estudio, se incluye en un campo más amplio en las Ciencias de la Educación. Como tal la investigación didáctica presenta una considerable complejidad, derivada de su objeto de estudio: los sistemas de enseñanza-aprendizaje. Así, la complejidad de los problemas que ha de resolver la didáctica de las ciencias requieren *‘un estilo de investigación que sea capaz de captar todos los detalles de las diferente(s) situación(es) de enseñanza’* (Izquierdo, 1995)¹⁵. Creemos que una aproximación interpretativa conjunta con una visión constructivista (Izquierdo y Aliberas, 2004; 14)¹⁶ permitirá formularse diferentes preguntas y obtener diferentes soluciones de manera que la investigación en didáctica tenga fuerza para intervenir en la práctica. A nivel del ámbito escolar se trata de recoger datos significativos, para poder interpretarlos y después poder comprender e intervenir más adecuadamente en el nicho ecológico que son las aulas (Solsona, 1998).

Por esto una de las metodologías de las que puede servirse la Didáctica de las Ciencias es cualitativa, considerada como una fenomenología; los trabajos desarrollados en el

¹² Quintanilla, M. (1997). Relación entre la construcción del experimento escrito y el desarrollo de la creatividad como estrategia de aprendizaje en el laboratorio escolar. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

¹³ Linares, R. (2004). Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la Tabla Periódica en los cursos generales de Química. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

¹⁴ Perseguer, C. (2006). *Estudi de la gestió de la classe mitjançant la investigació-acció*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.

¹⁵ Izquierdo, M. (1995). *Fundamentación del proyecto docente e investigador*. Concurso de Méritos a Profesor Titular de Universidad.

¹⁶ Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Colecció Materials 150. Servei de Publicacions. Universitat Autònoma de Barcelona: Bellaterra.

Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales (UAB), exploran, en general, un problema desde una diversidad de perspectivas, utilizando diferentes metodologías tanto en el análisis como en la recogida de datos (Sanmartí y Azcarate, 1997; Sanmartí, 2009)¹⁷; en otros términos, se enmarcan en un pluralismo metodológico. El empleo de diversas perspectiva invita a la promoción de nuevas técnicas de obtención de datos, que ayudan a clarificar conceptos y sistemas teóricos y la complementariedad de enfoques metodológicos a la hora de abordar el estudio de los fenómenos (Sabariego y Bisquera, 2004)¹⁸.

3.2. EL CAMBIO QUÍMICO EN LOS LIBROS DE TEXTO Y PROYECTOS

En este apartado se presentarán los referentes que han orientado el diseño metodológico para abordar el objetivo específico I. Así, nos referiremos al diseño de instrumentos y aplicación de los mismos, la colección de la información e interpretación de los resultados y la forma de presentarlos. Este apartado está dividido en tres secciones: a) origen, b) muestra, y c) análisis de los datos.

En la primera sección, *origen*, planteamos algunas consideraciones teóricas. En la segunda sección, *muestra*, describimos los criterios para la selección de la muestra: 8 libros de texto y 5 proyectos y el instrumento que usamos para extraer, clasificar y relacionar los enunciados que citamos. En la tercera sección, *análisis de datos*, la organización en redes sistémicas. Ya que el libro escolar y el proyecto se presentan en formato papel, ambos los trataremos de la misma manera aunque por separado, para compararlos entre ellos.

3.2.1. Origen

El libro de texto de química contendrá aquellos componentes progresivos para la enseñanza del Cambio Químico, que a su vez serán mediados, en un contexto de aula, por el docente. Pero, *¿qué nos dice un libro de texto o un proyecto de química, sobre el cambio químico? ¿Cómo se abordan los fenómenos: cómo ejemplo de la teoría o cómo un problema?* El interés, por nuestra parte, versa sobre estas maneras de los libros de comunicar la química vinculada al el estudio de los fenómenos. Accedemos al cambio desde una perspectiva '*agencial*', de intervención mediada por un experimento. Así, tanto el libro de texto como los proyectos ilustran el fenómeno, el experimento, el hecho..., que se interpreta como Cambio Químico. El cambio químico necesita un relato para darse a conocer (Bruner, 1997)¹⁹. Y los relatos necesitan unas ideas sobre las situaciones de interacción, es decir, situaciones que conduzcan '*de lo que parece ser*' a lo que es '*en realidad*'.

¹⁷ Sanmartí, N. y Azcarate, C. (1997). Reflexiones en torno a la línea editorial de la revista enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1) 3-9.

Sanmartí, N. (2009). Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del área: la experiencia de la revista Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (3) 301-320.

¹⁸ Sabariego, M. y Bisquera, R. (2004) Procesos de investigación. Capítulo 3. En Bisquera (coord) Metodología de la investigación educativa. 89-125. Madrid: Muralla.

¹⁹ Bruner, J. (1997). La construcción narrativa de la realidad. En Bruner (ed.) *La educación puerta de la cultura*. Ed Aprendizaje Visor: Madrid.

Los libros de textos y proyectos de química pueden tener un contenido muy condensado, énfasis en argumentos lógicos, en dominios de lenguajes simbólicos, en aspectos cuantitativos, formalismos..., escamoteando los referentes empíricos y hasta pueden llegar a ofrecer una imagen distorsionada de la química (Izquierdo y Aliberas, 2004)²⁰ o en nuestro caso, de la noción de 'cambio químico' v/s 'reacción química' (producto v/s proceso). Siguiendo con nuestro interés en identificar las maneras de mirar el cambio químico ofrecidas en los libros de texto y proyectos, nos guiaremos por la siguiente idea: *si consideramos que las maneras de presentar el cambio químico estuvieran en los hechos y recursos seleccionados (por los editores), entonces qué nos dirán los libros sobre esto, en especial los que son destinados a la enseñanza escolar.*

3.2.2. La muestra

Para seleccionar la muestra se consideró un criterio de conveniencia (muestreo no probabilístico casual). Bajo este criterio, la muestra se obtiene según la facilidad de acceso. Por tanto, para esta parte de la investigación sólo se emplearon libros de texto de secundaria o bachillerato, y proyectos, de la disciplina (química) que estuvieran a disposición. Además que en sus capítulos estuviese explícito el abordaje del cambio químico o se pudiera establecer que dicha unidad versa sobre el tratamiento del cambio y no sobre la naturaleza de la materia (modelo-corpúscular).

En la tabla 3.1 se presenta la procedencia de la muestra estudiada. Tal como se puede observar la tabla 3b recoge los datos de 8 textos y la 3c los datos de 4 proyectos.

Procedencia	Libros	Proyectos
Biblioteca de Humanidades de la Universidad Autónoma de Barcelona	8	5
Total documentos (libros)	13	

Tabla 3.1. Procedencia de los textos.

Simbología	Libros	Imagen
L1	Ciències Naturalesa, Química, 3 ESO. Ed. Edebé, 1995	
L2	Materia Canvi Quimic, 2 ESO. Ed. McGrawHill, 1996	
L3	Ciències de la naturalesa, 2 ESO. Crédito Común. Ed Barcanova, 1995	

²⁰ Izquierdo, M y Aliberas, J. (2004) Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable. (pp. 178-194) Materials 150. Serveis de Publicacions UAB: Bellaterra.

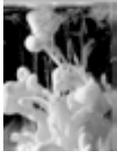
L4	Estructura de la matèria, 2 ESO. Crèdito Variable. Ed. Barcanova, 1995	
L5	QUIMICA, 2 ESO. Ed. Baula, 1995	
L6	Física i Química, Ciències de la naturalesa, 1ESO. Ed. La Galera, 2002.	
L7	3 ESO Física i Química, Ciències de la Naturaleza, Ed. Teide, 2007.	
L8	Ciencias 3 (Química) , Ed Mac Millian, 2008	

Tabla 3.2. Textos examinados.

En la tabla 3.2, se aprecia que la muestra es heterogénea. Comprende textos escolares de entre los periodos 1995-2007, en el cual han ocurrido varios cambios curriculares (L1 a L7). L8 se corresponde con el currículo oficial mexicano, aunque ninguna de estas variables se contempla en el estudio.

Simbología	Proyectos	Imagen
P1	Chemical system. Chemistry Bond Approach Project (CBA). Ed Wester Division. McGraw Hill. [Trad. Cast. Sistemas químicos. Barcelona: Ed. Reverté, 1966].	
P2	Chem Com: Chemistry in the Community. The American Chemical Society. [Trad. Cast. QuimCom: Química en la comunidad. Ciudad de México. Addison Wesley Iberoamericana, 1998]	
P3	Chemistry / Complete Coordinate Science. Oxford: Ed. Heinemann, 1992	

P4	Chemical Storylines. Salters Advanced Chemistry. York: University York, Science Education Group/ Heinemann.	
P5	Chemistry. Nuffield Co-ordinate Science. UK: Longman Grup, 1993	

Tablas 3.3. Proyectos examinados

En la tabla 3.3, se aprecia que la muestra de los proyectos al igual que la de textos escolares es heterogénea; sus enfoques curriculares atendían a necesidades británicas y estadounidenses, variables que tampoco se consideran en este estudio.

a) El instrumento

Para conocer las maneras de mirar el cambio químico en los libros de textos y en los proyectos seleccionados, se decidió utilizar la red sistémica diseñada y validada en el grupo LIEC (Llenguatge i Aprenentatge de les Ciències) por Mercè Izquierdo y colaboradores. Izquierdo (2005)²¹ plantea que una de las diferencias esenciales entre la “química escolar” y la “química de los científicos” está en la naturaleza de sus estructuras retóricas. Justamente, la retórica es el arte de la buena utilización del lenguaje para hacerlo eficaz, para convencer mediante el discurso. Así una ‘buena retórica’ será la que contribuya a desarrollar relaciones de coherencia entre el conocimiento (*lo que se piensa*), la intervención de los fenómenos (*lo que se hace*) y el lenguaje (*lo que se dice*), ya que contribuyen a mostrar que ‘se puede intervenir en los fenómenos del mundo’ de tal manera que ‘se puede pensar sobre ellos’.

Sin embargo los libros de texto escolar y proyectos de química son considerados en su conjunto, expositivos y teóricos, en los cuales se encuentran intercaladas ‘narraciones’ que se refieren a cosas que pasan en el mundo y que son mecanismos literarios con los cuales se consigue *transformar el mundo de diversas maneras para poder explicarlo*. Según Ogborne, Kress y Martins (1996) [...] *las explicaciones son historias sobre el mundo en el que un grupo de entidades producen los fenómenos que deben de explicarse* [...] (p. 5).

La retórica empleada en un texto escolar pretende ‘convencer al lector’ de que el mundo funciona tal como lo propone la química. De este modo las narraciones tienen una función retórica específica y podemos referirnos a ellas como ‘narrativas experimentales’ (Izquierdo, 2005; p.13). Éstas se escriben con la intención de implicar e invitar al lector a ‘pensar sobre’ o ‘con’ las entidades químicas utilizadas para darle sentido al mundo. Por tanto se puede escribir química generando ‘hechos científicos’, allí donde sólo se tenían hechos cotidianos, dando ‘vida’ a las entidades científicas (p. 14); así, podemos identificar las maneras presentar el mundo en los libros (que explican los profesores) siguiendo su función retórica.

²¹ Izquierdo, M. (2005) Estructuras retóricas en los libros de ciencias. *Tarbiya*, pp. 11-33.

Para revisar estas ideas, repasaremos las unidades que articulan el texto para ver como se expresa el autor sus finalidades. Y en estas finalidades, cómo se presenta el cambio químico y cómo se abordan los fenómenos. Nos iremos directamente a la unidad didáctica que contenga el tratamiento del cambio químico. A partir de aquí seleccionaremos los hechos en los que se apoya el texto para desarrollar el contenido. En la figura 3a ilustramos las características de las narrativas, desde una doble perspectiva: lo que las hace ‘comunicable’ y de qué nos hablan.

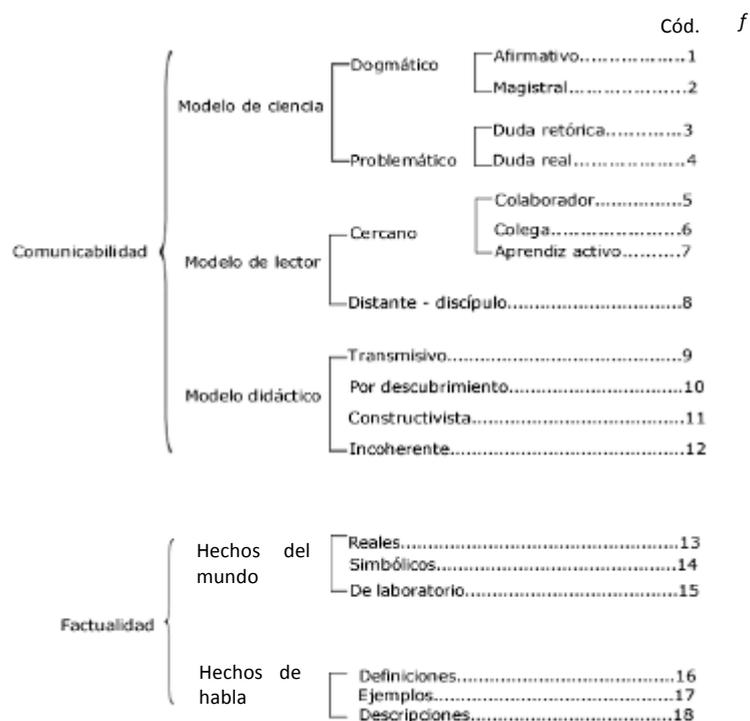


Figura 3.1. Red para identificar la estructura de los ‘actos de habla’ de un libro.

Para la obtención de los datos lo primero será revisar el índice. A partir de aquí se seleccionará aquella unidad o tema que aborde explícitamente, en el título, el cambio químico. Iremos abordando en cada libro las unidades que consideremos relevantes en el tratamiento del ‘cambio químico’. Posteriormente procederemos a revisar el contenido abordado, según red que se presenta en la figura 3.1.

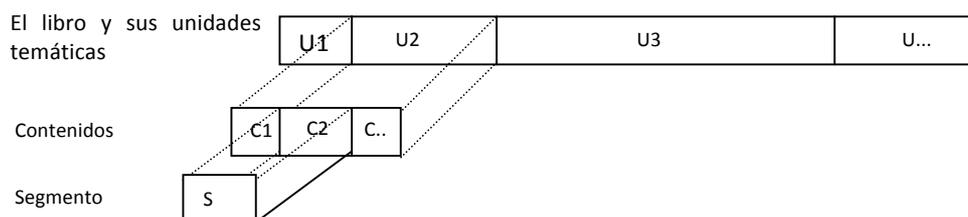


Figura 3.2. Criterios de segmentación y creación de unidad de análisis.

En la figura 3.2, se ilustra presenta el procedimiento seguido en la selección de la unidad de texto que es seleccionada y más tarde, revisada, en términos de la red ilustrada en la figura 3.1.

3.2.3. Análisis de los datos

Para el análisis de los documentos hemos contemplado las siguientes fases descritas y esquematizadas a continuación:

Fase I: exploratoria	Fase II: análisis	Fase III: resultados
Selección del material. Libros de texto y proyectos de química de secundaria y/o bachillerato, listos para su análisis.	Seleccionar las unidades de análisis y codificar segmentos según los componentes de la red que surgen de la reflexión sobre las estructuras retóricas	Identificar y caracterizar el tratamiento de un fenómeno en el marco de una unidad didáctica referida al cambio químico presente en el texto, ya sea un libro o un proyecto.

Tabla 3.4. Fases de trabajo.

En el desarrollo y evolución de las fases y toma de decisiones en la elaboración de las unidades de análisis hemos seguido las siguientes pasos de trabajo para proceder en el tratamiento de las 'maneras de mirar el Cambio Químico en los libros de texto y proyectos' y su correspondiente clasificación (ver tabla, 3.5).

Etapas del análisis de los datos y decisiones metodológicas			
Etapas del análisis	Primera etapa del análisis	Segunda etapa del análisis	Tercera etapa del análisis
Unidad de análisis	Selección de los libros y proyectos a disposición según inventario de biblioteca; y selección de la Unidad del texto que aborde el Cambio Químico.	Clasificación del segmento seleccionado (Unidad de análisis) según la red propuesta por Izquierdo (2005).	Caracterizar la Unidad y contabilizar frecuencias.
Instrumento de análisis	Red de análisis del libro de texto, propuesta por Izquierdo (2005)	Gradillas de descripción.	Red de categorías e indicadores.
Criterios de selección	Disponibilidad según recursos de Biblioteca de Humanidades de la Universidad Autónoma de Barcelona	Ajuste de los indicadores.	Descripción interpretativa del contenido de la Unidad del libro de texto

Decisión tomada	Definición de los textos tomados	Determinación de los hechos y recursos lingüísticos.	Caracterización de los hechos y recursos presentes en las unidad de cambio químico del libro de texto
Resultado	Unidades pertenecientes a libros de texto a revisar	Gradillas con clasificación de las unidades de los libros según indicadores, previamente ajustadas según ejercicio previo.	Manera de mirar del libro de la unidad del texto relativo al Cambio Químico, según la red con marcadores pre-establecidos

Tabla 3.5. Etapas de análisis

3.3. EL CAMBIO QUÍMICO EN LAS IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES

En este apartado se presentarán los referentes para abordar el objetivo numero II, que ha orientado el diseño metodológico para el tratamiento de las ideas de los estudiantes en lo que se refiere al diseño de instrumentos y aplicación de los mismos, la colección de la información e interpretación de los resultados y la forma de presentarlos, para dar sentido al objetivo específico II, *¿Cómo categorizar las maneras de mirar el Cambio Químico del que aprende?* Hemos estudiado a las clasificaciones de tipos de explicaciones a fenómenos que han otorgado diferentes estudiantes que han sido entrevistados en distintos estudios.

Para ‘catalogar’ estas maneras de mirar de los aprendices frente a un fenómeno (mientras se produzca un Cambio Químico, interés de estudio), para dar sentido a las reflexiones iniciales las abordaremos desde dos focos: semántico, retórico. Y cada foco está dividido en tres secciones: a) origen, b) muestra, y c) análisis de los datos.

En la primera sección, *origen*, se presenta la construcción de la red sistémica y los orígenes de las sentencias que la componen como brevemente algunas consideraciones teóricas usadas para extraer, clasificar y relacionar los ejemplos colectados. En la segunda sección, *muestra*, describimos los criterios para la selección de la muestra: 56 ejemplos de explicaciones a un fenómeno químico provenientes de informes de investigación en torno al cambio químico. En la tercera sección, *obtención de datos*, presentamos el proceso de extracción y de obtención de los segmentos empleados y, por último en la cuarta sección, *análisis de datos*, la organización en redes sistémicas.

3.3.1 Foco semántico

Comenzaremos nuestra exploración desde las ideas de Anderson (1990) sobre un intento de formular una descripción de nivel IV, que son las más estructuradas. Consideramos este nivel (él llama) más bien como una ‘interpretación’ ya que las explicaciones que pueden dar los estudiantes a un fenómeno pueden ser consideradas como que: *"las personas pueden construir en su entorno un número infinito de formas dependiendo de su imaginación"* (Pope, 1982).

3.3.1.1. Origen

Esta afirmación se basa en que, a un cierto nivel de profundidad, se considera la existencia de diferentes formas en las que se puede operar sobre el mundo. Si el profesor lograra tener en cuenta las diferentes maneras de mirar que emergen en su clase, las investigaciones en este campo se dirigirían a articular algún tipo de estructura subyacente a las diferentes explicaciones que pudiéramos encontrar, a dar sentido a la diversidad de explicaciones específicas en algunos de los términos y reducir el número de diferentes formas de ver a una sola consensuada.

En este eje intentamos hacer un primer ejercicio para dar con un conjunto de elementos que puedan ser utilizados para mostrar que existe un orden aparente en la infinita variedad de explicaciones entorno al Cambio Químico. Este apartado retoma algunas ideas de la lingüística y de las ciencias cognitivas, vinculadas a trabajos similares que se llevan a cabo en otras áreas temáticas en el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona. Nos fundamentamos en las ideas planteadas por Andersson y Gutiérrez sobre causalidad (Andersson, 1986a; Andersson, 1984; Gutiérrez y Ogborne, 1992)²², recurriremos a un análisis gramatical funcional para ver cómo se vincula el lenguaje a la acción.

3.4.2 Muestra

Se constituyó un inventario de respuestas a determinados fenómenos a partir de investigaciones en el área. La atención se centró en las frases que una proporción de estudiantes en la escuela primaria y secundaria proporcionan sobre química general. Las respuestas fueron organizadas por temas, (procesos químicos generales y específicos, en sistemas cerrados y abiertos, reacciones químicas, etc.). Se tomó como trabajo previo la colección de trabajos en torno a las ideas previas en química realizado por Vannesa Kind (2002), Andersonn (1984), Hierrezuelo y Montero (1988) y Llorens, (1991)²³.

a) Cómo proceder desde un enfoque de la gramatical funcional. Elaboración del instrumento.

Según Harre (1972), conceptos como causalidad o existencia proporciona una estructuran y una base intelectual al pensamiento. Se han seleccionado tres aspectos relacionados con ellos como base para explorar una manera en que los conceptos formales se emplean para explicar el cambio químico. Son los siguientes:

²² Andersonn, B. (1986a) Pupils' reasoning in science. Invited paper, ICASE symposium, Annual meeting of Association for Science Education, University of York, January.

Andersonn, B. (1984) Chemical reaction. (Report Elevperspektuv no.12) Goteborg: Department of Educational Research, University of Goteborg.

Gutiérrez, R. y Ogborn, J. (1992). A causal framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*. 14(2), 201-220.

²³ Llorens, J. (1991). *Comenzando a aprender Química: ideas para el diseño curricular*. Madrid: Antonio Machado.

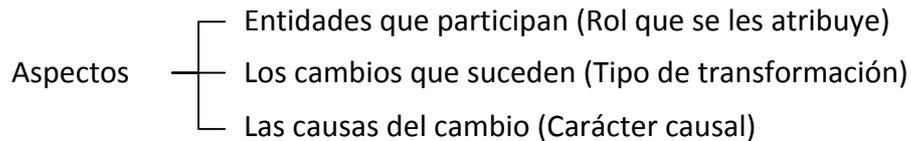


Figura 3.3. Aspectos y términos empleados

Estos aspectos corresponden a las tres unidades estructurales que Halliday (1972) que en su análisis de las macro funciones del lenguaje, considera constituyentes de la función ideacional con la que se codifica la experiencia,

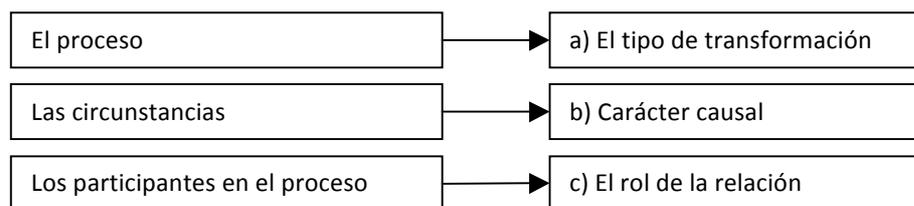


Figura 3.4. Unidades estructurales

A continuación, describiremos cada uno estos aspectos y cómo están vinculados entre sí. Finalmente presentaremos una red con la sistematización de estas ideas (Brosnan, 1990)²⁴, con la cual hemos llevado a cabo nuestro análisis.

a) Tipos Transformación

Dos categorías fundamentales fueron establecidas para la explicación en términos de la percepción de la continuidad: existencia o naturaleza de las entidades involucradas. Otras categorías adicionales se refieren a cambios en los mismos objetos que se consideran aún allí, pero en diferentes modalidades o formas, o cuando los cambios en su ubicación pueden conducir a diferentes grados de "visibilidad".

a.1. Existencia

Las propiedades pertenecen a los objetos y si una propiedad desaparece, entonces la sustancia que se transforma se considera que han desaparecido también.

a.2. Naturaleza

En este caso la sustancia considerada se ha conservado, mientras que uno de sus propiedades esenciales se altera, por ejemplo, Driver (1985)²⁵ señaló que algunos niños creen que las cosas "bajan de peso cuando son calentadas". En otras palabras, la sustancia se conserva-, pero su naturaleza no. Otros ejemplos son los casos anteriormente mencionados, en caso de que una cosa se ha cambiado a otra 'cosa' y se ha conservado, pero su naturaleza no lo ha hecho. Los objetos dotados de propiedades y

²⁴ Brosnan, T. (1990) Categorising macro and micro explanations of material change. In P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, y A.J. Waarlo (Eds.). *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*. (pp. 198-211). Utrecht, Holland: CD-þ Press.

²⁵ Driver, R., Guesne, E., y Tiberghin, A. (eds) (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University.

los cambios pueden verse simplemente como la desaparición de este atributo. Un ejemplo de este caso sería un ácido en su capacidad de "quemar" mediante la dilución (Séré, 1985); lo que cambia, ahora, es la capacidad de 'hacer algo'.

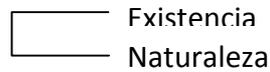


Figura 3.5. Diferenciación entre existencia y naturaleza

a.3. Estructuración

La esencia de esta forma de pensar, está en los cambios en las propiedades son el resultado de la reorganización de las partes del sistema sin ningún tipo de creación o destrucción de fondo. Los ejemplos incluyen: "*La molécula de oxígeno se ha combinado con el hierro*" (Andersson, 1986b), "*... los átomos de oxígeno e hidrógeno se están alzando desde el agua (por separado) y cuando les dieron algo sobre que unirse y formar pequeñas gotas de agua*" (Schollum, Osborne y Lambert, 1981).

a.4. Ubicación

En este punto de vista también está la continuidad de fondo, y las propiedades se ven como transportadas por objetos que no cambian. Todo lo que estaba presente al comienzo estará al final del cambio. Aparentemente los cambios se explican porque los portadores de la propiedad, pasan de estar bien 'escondidos' a 'estar visibles'. Por ejemplo, "*El óxido se mueve desde el interior hacia el exterior del metal*" (Schollum, 1982).

Este tipo de pensamiento puede ser un ejemplo de la utilización de una metáfora de contención, es decir, las sustancias siguen existiendo pero dependiendo de su contenedor no podrán mostrar sus propiedades. Lakoff y Johnson (1980) han señalado que el uso de esta metáfora está muy extendido y se considera como base metafórica (véase Andersson (1986a), para una discusión de su trabajo en la forma de pensar acerca de la causalidad).

a.5. Forma

Una vez más, la existencia y naturaleza no están en duda. Esencialmente es lo mismo '*he visto cosas que existen, pero en una forma modificada*'. En algunos casos, la atribución de una explicación a esta categoría es clara. Por ejemplo, algunas respuestas que se han recibido cuando se les pide lo que ocurre cuando el hielo se funde o se disuelve el azúcar a menudo mencionan explícitamente los cambios en la forma en cuestión. Por ejemplo, '*el azúcar se convierte en una forma líquida*'. En otros casos, no es tan clara, pero los cambios que entran en esta categoría (similar a la del Andersson (1986) 'modificación') suelen consistir en alteraciones de color, tamaño, temperatura, etc., donde el nombre original de la entidad también se da al producto del cambio.

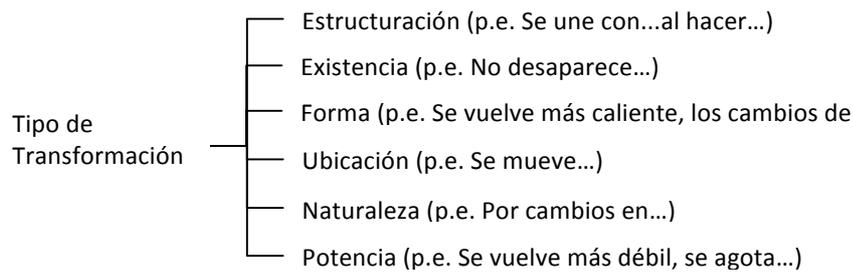


Figura 3.6. Resumen sobre el tipo de transformaciones

b) *Carácter Causal*

Una distinción fundamental en los tipos de causas que figuran en las explicaciones del cambio químico se refiere a dónde reside la causa del cambio y en la propia naturaleza *del objeto (o sistema) o ¿el cambio es debido a la intervención de algún agente exterior?* Esta distinción da origen a dos categorías básicas de los cambios según su causa cambios con agente y cambios sin agente.

b.1 *Cambios con agente*

Dentro del amplio grupo de agentes causales del cambio, se puede identificar una serie de distintos tipos que se diferencian, según las funciones y el carácter del agente: los cambios pueden verse como resultado de la acción de una cosa a otra, en cambio los actores implicados puede ser vistos para igual condición, actuando y reaccionando en una cosa a otra, el agente del cambio puede considerarse que no participa directamente en el todos los cambios, sino que lo hace de forma indirecta de agente.

La esencia de la primera categoría es que las cosas no son de igual condición – una de ellas es vista como un agente activo directo, el otro como uno pasivo; por ejemplo, la explicación *‘el óxido del metal es atacado’*.

La segunda categoría de agente es la esencia de la mayoría de las *‘explicaciones del cambio químico’*. Un ejemplo es *‘El agua, aire y metal reaccionan entre sí para formar el óxido...’* El paso a la igualdad de estatus es importante, porque la esencia del cambio es visto como en la interacción entre *‘socios a igualdad’* y no en el poder causal de uno de los participantes. La última forma en que un agente puede considerarse como responsable de un cambio es como un facilitador. Esta categoría es llamada así permisiva; la acción del agente es indirecta en que su presencia es necesaria para permitir que el cambio tenga lugar. Por ejemplo, muchos alumnos parecen ver como el oxígeno es el que permite, pero no cuantitativamente participa en la *‘combustión’* (Donnelly y Welford, 1988). Similares resultados han sido reportados por otras investigaciones, entre ellas Méhéut, quien señala: *“...aunque la necesidad de oxígeno puede percibirse, no se hace en términos de su interacción con los combustibles...”* (Méhéut, Saltiel y Tiberghien, 1985).

b.2 *Cambios sin agente*

En otro conjunto de cambios, su causa no es la acción de un agente externo, sino que parecen estar vinculadas a conceptos similares a la idea aristotélica de los cambios que

dan cuenta de una naturaleza esencial, por ejemplo, un balón de fútbol por encima del suelo debe necesariamente caer a la tierra. Siguiendo a Schank's (1982), se puede decir que estos cambios 'no agente' explican 'la forma en que el mundo es' por tanto, no son necesarias más explicaciones. Es posible encontrar dos sub-categorías de este tipo de causa. En una de ellas, llamada aquí *asociativa*, una sustancia latente es causal, son 'poderes' puestos en libertad en determinadas circunstancias. Ejemplos en esta categoría: "El clavo se oxida cuando se moja..."; "El hielo se derrite cuando se calienta...". En la otra categoría, el cambio es visto como consecuencia de la puesta en libertad de una limitación externa que permita un cambio natural a tener lugar. Un ejemplo de esto es "El hielo se derrite porque usted no lo ha mantenido frío".

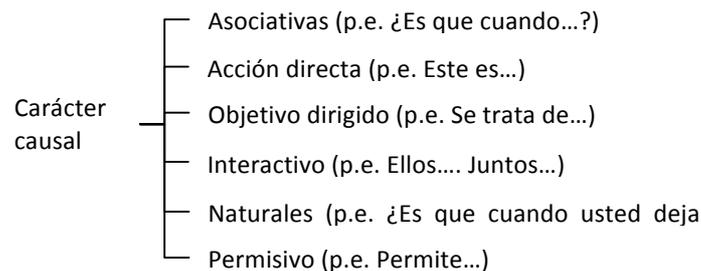


Figura 3.7. Resumen carácter causal

c.1 Rol de la relación

Para considerar que el lenguaje debe contener pistas según las categorías básicas del pensamiento, tal como sugiere Brosnan (1990) se han de mirar a las funciones desempeñadas por las diversas materias mencionadas en una explicación. Cada caso gramatical se basa en "un conjunto de conceptos universales, innatos, presumiblemente, que se identifican con ciertos tipos de juicios de los seres humanos acerca de los acontecimientos que ven en torno a ellos..." *que hicimos, que ha ocurrido con y qué ha cambiado* (Fillmore, 1968)... o desde otro matiz: *qué tengo, qué hago, qué pasa, porqué pasa, hasta cuándo pasa* (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

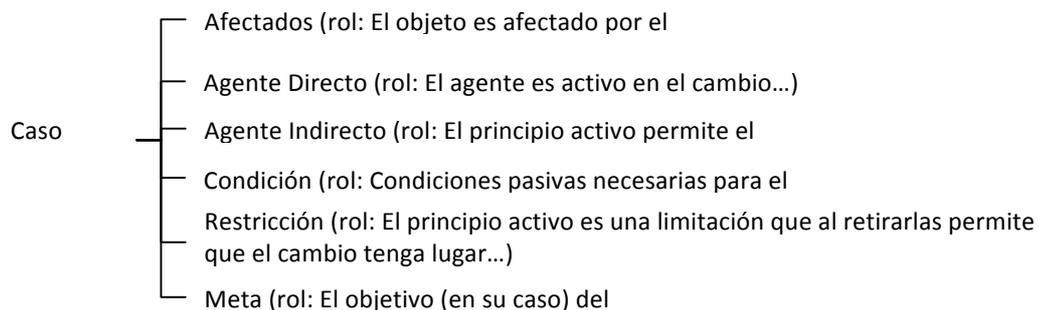


Figura 3.8. Resumen de los tipos de casos

c.2 Representación de estos elementos

Cada uno de estos supuestos puede dar lugar a una serie de los tipos de transformaciones descritas anteriormente. Desde el punto de vista del análisis hay un número limitado de posibles tipos de explicaciones que se construyen mediante la combinación de los elementos, descritos anteriormente, que quedan estructurados en

una red sistémica (Bliss, 1983) que hemos ido presentados poco a poco (figura 3.e, f, g y h). Al analizar los datos a partir de ello hemos elaborado una red que hemos utilizado como instrumento para interpretar nuestros datos.

b) El instrumento

En la Red hemos querido distinguir desde la perspectiva de los estudiantes, *qué cambia* u origina un cambio químico y *por qué* se produce, en los términos de Andersson (1990) y Brosnan (1990). La agrupación de los términos empleados y las redes descritas anteriormente se sistematizan en la siguiente red global.

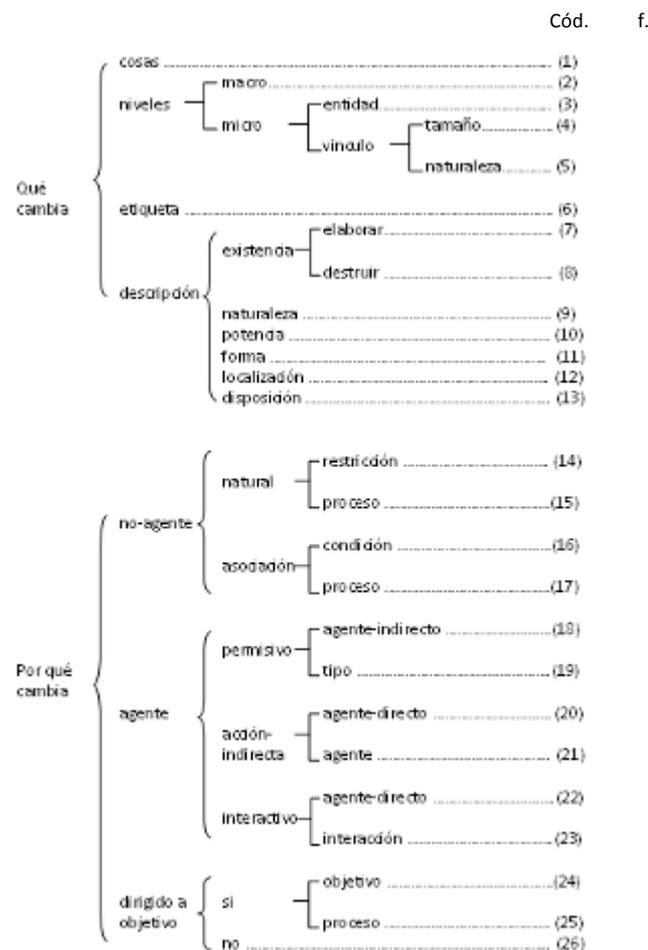


Figura 3.9. Red sistémica adaptada a la interpretación de Brosnan (1990)

c) Fases del análisis

Para revisar los ejemplos hemos contemplado las siguientes fases descritas y esquematizadas a continuación:

Fase I: exploratoria	Fase II: análisis	Fase III: resultados
Se elaboró un inventario de respuestas a determinados fenómenos construidos sobre la base de investigaciones en el área. La atención se centró en las frases que una proporción de estudiantes en la escuela primaria y secundaria proporcionan sobre química general. Las respuestas fueron organizadas por temas, (procesos químicos generales y específicos, en sistemas cerrados y abiertos, reacciones químicas, etc.)	El análisis de este inventario fue revisado mediante la red elaborada a partir de los aportes de Brosnan. Este análisis permitió elaborar una codificación preliminar y reducir el número de de respuestas a los paradigmas de la red.	Las respuestas agrupadas más recurrentes en los paradigmas de la red permitirán su reajuste a los ejemplos seleccionados. Este ajuste nos proporcionará a modo general los posibles 'vacíos' en las maneras de mirar de los aprendices sobre el cambio químico y formular nuevas preguntas.

Tabla 3.6. Fases de trabajo del eje semántico

3.4.3. Análisis de datos

En el desarrollo y evolución de las fases y toma de decisiones en la elaboración de las unidades de análisis hemos seguido las siguientes etapas de trabajo para proceder en el tratamiento de las 'maneras de mirar el Cambio Químico' desde una perspectiva semántica, por parte de los aprendices y su correspondiente clasificación. Decisiones que se resumen a continuación:

Etapas del análisis de los datos y decisiones metodológicas				
Etapas del análisis	Primera etapa del análisis	Segunda etapa del análisis	Tercera etapa del análisis	Cuarta etapa del análisis
Unidad de análisis	Selección de viñetas relacionadas con el cambios químico.	Clasificar las viñetas según la red establecida según propuesta de Brosnan.	Caracterizar las viñetas y contabilizar frecuencias.	Discriminar frecuencias menores al 5%, para tener un grado de significatividad.
Instrumento de análisis	Bases de datos de la Royal Society of Chemistry sobre concepciones en química. (Kind, 2004).	Gradillas de descripción.	Red de categorías e indicadores.	Gráfico de frecuencia.
Criterios de selección	Significatividad de las viñetas en función de los objetivos del trabajo.	Aplicación de los indicadores.	Descripción interpretativa de las viñetas en de acuerdo a los objetivos (análisis semántico de las explicaciones)	Significatividad de la gráfica en función de los objetivos.
Decisión tomada	Definición de las viñetas tomadas según los estudios de proveniencia.	Determinación de los agentes del cambios, <i>qué y por qué</i> cambia en las viñetas según indicadores.	Caracterización de los agentes.	Reducción de las categorías a frecuencias estimadas mayores a 5%.

Resultado	Transcripción de las viñetas seleccionadas.	Gradillas con clasificación de viñetas según indicadores.	Interpretación de las viñetas según indicadores.	Nueva red, que proporcionará nivel global las maneras de mirar el cambio químico.
-----------	---	---	--	---

Tabla 3.7. Etapas de análisis

3.3.2. Foco Retórico

Como hemos podido apreciar las maneras de mirar de los estudiantes poseen una retórica propia. Cada estudiante pretende ‘convencerse’ y aproximar las diferencias entre sus pares respecto al fenómeno en estudio (Ogborne et al, 1994).

3.3.2.1. Origen

Con la finalidad de caracterizar este arte, partimos con Izquierdo (2005) quien plantea que una de las diferencias esenciales entre la “ciencia escolar” y la “ciencia de los científicos” está en la naturaleza de sus estructuras retóricas. La retórica es el arte de la buena utilización del lenguaje para hacerlo eficaz, para convencer mediante el discurso. Así una ‘buena retórica’ será la que contribuya a desarrollar relaciones de coherencia entre el conocimiento (lo que se piensa), la intervención de los fenómenos (lo que se hace) y el lenguaje (lo que se dice), porque contribuye a mostrar que se puede intervenir en los fenómenos del mundo de tal manera que se puede pensar sobre ellos. Por tanto, una explicación, una manera de mirar, corresponde a una retórica.

3.3.2.2. Muestra

Para la selección de la muestra tomamos las directrices establecidas para el foco semántico.

a) Instrumento

Volviendo a Izquierdo (2005) no limitando a lo que escriben sobre los hechos y los recursos lingüísticos con los cuales se construyen en el texto, como elementos esenciales en una ‘buena’ retórica. A este aspecto de los textos Izquierdo (2005), le llaman factualidad.

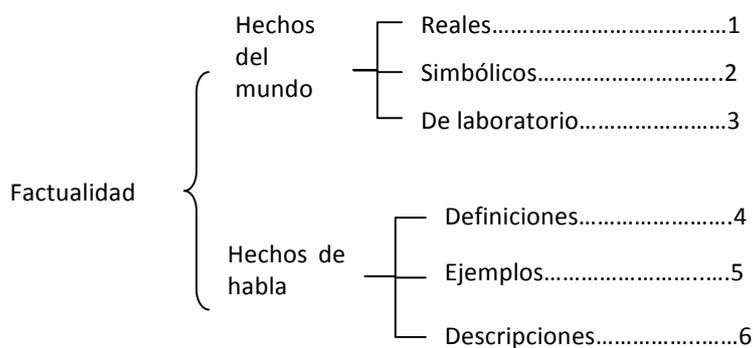


Figura 3.10. Red sistémica para analizar los elementos de retórica presentes en las maneras de mirar el cambio químico, adaptada de Izquierdo (2005)

Los datos que se revisaran desde esta perspectiva buscan dar sentido a ‘las maneras de mirar’ que se han desarrollado e identificado en nuevas situaciones problemáticas que

permitan continuar desarrollando un *'Modelo de Cambio Químico'*. Con ello, las mismas viñetas abordadas en el eje semántico ahora las abordamos desde el eje retórico, empleando una nueva red adaptada del trabajo de Izquierdo, entorno a seis marcadores.

3.3.2.3. Análisis de los datos

Para revisar los ejemplos a nivel retórico hemos contemplado las siguientes fases descritas y esquematizadas a continuación:

Fase I: exploratoria	Fase II: análisis	Fase III: resultados
Se elaboró un inventario de concepciones alternativas sobre los fenómenos y las sustancias químicas construido sobre la base de investigaciones en el área.	El análisis de este inventario fue revisado mediante la red elaborada a partir de los aportes de Izquierdo y Márquez (2004). Este análisis permitió elaborar una codificación preliminar y reducir el número de categorías	Tras la clasificación se ha permitido redefinir y encontrar <i>'vacíos'</i> en la retórica de los las explicaciones concebidas por los estudiantes y formular nuevas preguntas.

Tabla 3.8. Fases de trabajo del eje retórico

Las decisiones metodológicas seguidas para proceder en el tratamiento de las *'maneras de mirar el Cambio Químico'* desde una perspectiva retórica, por parte de los aprendices y su correspondiente clasificación se resume en la siguiente tabla:

Etapas del análisis de los datos y decisiones metodológicas				
Etapas del análisis	Primera etapa del análisis	Segunda etapa del análisis	Tercera etapa del análisis	Cuarta etapa del análisis
Unidad de análisis	Selección de viñetas relacionadas con el cambios químico	Clasificar de las viñetas según la red establecida según propuesta de Izquierdo (2005)	Caracterizar las viñetas y contabilizar frecuencias	Discriminar frecuencias menores al 5%, para tener un grado de significatividad
Instrumento de análisis	Bases de datos de la Royal Society of Chemistry sobre concepciones en química. (Kind, 2005)	Gradillas de descripción	Red de categorías e indicadores	Gráfico de frecuencia
Criterios de selección	Significatividad de las viñetas en función de los objetivos del trabajo	Aplicación de los indicadores	Descripción interpretativa de las viñetas en de acuerdo a los objetivos (análisis retórico de las explicaciones)	Significatividad de la gráfica en función de los objetivos
Decisión tomada	Definición de las viñetas tomadas según los estudios de proveniencia	Determinación de los elementos retóricos que componen las explicaciones de los estudiantes en las viñetas según	Caracterización de los elementos retóricos	Reducción de las categorías a frecuencias estimadas mayores a 5%

		indicadores		
Resultado	Transcripción de las viñetas seleccionadas	Gradillas con clasificación de viñetas según indicadores	Interpretación de las viñetas según indicadores	Inducción de los resultados.

Tabla 3.9. Etapas de análisis

3.3. EL CAMBIO QUÍMICO EN NUESTRA PROPUESTA

Para el abordaje de los objetivos específico número III nos preguntamos inicialmente *¿Cómo abordar la información de las actuaciones de los participantes?*

En este apartado se presentarán en primer lugar, los referentes teóricos a nivel metodológico que guían el trabajo y que ha orientado el diseño de los instrumentos y su aplicación, la recolección de la información, análisis e interpretación de los mismos y la forma de presentar los resultados. En segundo lugar, aparece el contexto en el cual se desarrolló la investigación y la muestra seleccionada para tal fin, una descripción de la muestra (profesores en formación de primer año de las carreras de Educación Infantil y primaria, de la Facultad de Educación de la Universidad Autónoma de Barcelona) y describimos el proceso de instrucción que ha seguido, a partir de seis casos durante los 3 años que ha durado la investigación. En tercer lugar se hace la descripción de las etapas de investigación que se llevaron a cabo. En el cuarto lugar se describe la forma en que se realizó la recolección de los datos, describiéndose los instrumentos empleados. Finalmente se expone la forma en que se analizaron los datos.

3.4.1. ¿Qué quiere decir estudio de caso?

Esta investigación se caracteriza por estar desarrollada bajo los preceptos teóricos de una investigación cualitativa longitudinal con estudio de casos. Se ha estudiado la forma en que los estudiantes han participado en la asignatura dando cuenta de las ‘huellas’ que muestra el proceso de modelización. A partir de esto se han seleccionado 6 casos, y se les ha realizado un seguimiento en el proceso de formación.

Podemos señalar los siguientes rasgos esenciales del estudio de casos: particularista, descriptivo, heurístico e inductivo (Pérez Serrano, 1994)²⁶ que corresponden a nuestros propósitos (tabla 3.10).

Características del estudio de casos	
Particularista	Centrado en una situación, evento, programa o fenómeno en particular. El caso en si revela acerca del fenómeno y por lo que pueda representar.
Descriptivo	El producto final de un estudio de casos es una descripción detallada rica y ‘densa’ del fenómeno objeto de estudio. Puede incluir distintas variables y se ilustran a menudo a lo largo de un periodo de tiempo, por lo que pueden ser estudios longitudinales. La descripción suele ser de tipo cualitativo.
Heurístico	Los estudios de casos iluminan la comprensión del lector del fenómeno objeto de estudio. Pueden dar lugar al descubrimiento de nuevos significados, ampliar la

²⁶ Pérez Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. I. Métodos*. Madrid: La Muralla.

Inductivo	<p>experiencia del lector o confirmar lo que ya se sabe. Pueden aparecer relaciones y variables no conocidas anteriormente que provoquen un replanteamiento del fenómeno y nuevos <i>'insights'</i>.</p> <p>En su mayoría se basan en el razonamiento inductivo. Las generalizaciones, los conceptos o las hipótesis surgen de un examen de los datos en el mismo contexto. Ocasionalmente, se pueden tener hipótesis tentativas al inicio del estudio. El descubrimiento de nuevas relaciones y conceptos, más que la verificación de hipótesis predeterminadas, caracteriza el estudio de casos cualitativos.</p>
-----------	---

Tabla 3.10. Características del estudio de casos

Van Wynsberghe y Khan, coincidiendo en algunos términos con Pérez Serrano, destacan las siguientes características:

- c) tener una muestra pequeña objeto de estudio; en este sentido el estudio se centra de forma intensiva y en profundidad en una unidad de análisis (nuestros seis casos y los 3 focos que se revisan);
- d) un contexto específico; el estudio de casos apunta a dar al lector la sensación de 'estar allí', proporcionando un gran detalle y un análisis contextualizado de un ejemplo en acción. Se delinea el ejemplo, definiéndolo en términos generales y describiendo sus particularidades (primera unidad de la asignatura);
- e) el ambiente natural, en el proceso se escogen situaciones donde hay poco control del medio, organización o de acontecimientos. El estudio de casos es particularmente apropiado para la investigación en ambientes complejos, ya que no pueden ser reducidos a simples relaciones de causa-efecto (asignatura optativa impartida en la Facultad de Educación a estudiantes de la carrera de Maestro de Primaria);
- f) el estudio de casos ofrece una descripción detallada de un límite espacial y temporal específico (curso 2006-2007 y 2007-2008);
- g) se pueden generar hipótesis de trabajo y aprender nuevas lecciones en lo que se va descubriendo o construyendo durante la recolección de los datos y el estudio de casos. La entidad o fenómeno bajo estudio emerge a través del curso del estudio y es allí donde surgen las conclusiones naturales (caracterización del Modelo Cambio Químico en las representaciones de los estudiantes);
- h) se emplean múltiples fuentes de datos, de tal manera que se generan varias líneas de indagación que convergen y facilitan la triangulación y ofrecen resultados que podrían ser más convincentes y precisos (videograbaciones de las sesiones, test de entrada, exposiciones, narraciones, portafolio);
- i) un estudio de casos es ampliable, al enriquecer y transformar potencialmente la comprensión de un lector al ampliarle su experiencia. En un estudio de casos, el investigador busca unir y articular esas relaciones en un contexto, con la esperanza de que el contexto y las relaciones sean comprendidos por el lector.

3.4.2. Contexto de la investigación

Como se ha reiterado antes, este trabajo se enmarca en el campo de la investigación cualitativa ubicada desde una perspectiva interpretativa. Se pretende entender los procesos de modelización del cambio químico, bajo un marco de ciencia escolar, con lo

cual se ha pretendido interpretar y comprender más que dar explicaciones del tipo causal. De igual manera, se caracteriza por ser un estudio de caso de tipo longitudinal en la medida que se han tomado como referentes 6 casos iniciales estudiados dentro del grupo curso, en los siguientes periodos: 3 casos en el curso 2006-2007 y 3 en el curso 2007-2008, durante un proceso de registro reiterado y ordenado en ese periodo, desde el estudio de ciertas ideas presentadas al inicio y al final del proceso, y su desempeño en la asignatura. Cada uno de los casos se analiza en detalle en la tercera parte.

El estudio de este tipo longitudinal tiene unas propiedades de tipo particular, descriptiva y heurística. Particular, porque son hechos concretos, en este caso el abordaje del modelo cambio químico en el tratamiento del 'descomponer' y el 'quemar'; descriptiva, por cuanto se estudian cómo se 'transforma el fenómeno en estudio (la carbonera) en un ejemplo del modelo teórico'; y heurística, porque permite tener una mayor comprensión del proceso. Para los propósitos que se han formulado, el estudio de caso longitudinal es pertinente ya que permite hacer seguimiento de un proceso durante un cierto tiempo; en nuestro caso, analizando las acciones de los maestros en formación en la asignatura 'química' sus aportes y las producciones que son indicadores de un proceso de modelización.

3.3.3. La muestra. Los participantes

Los grupos están integrados por una media de 15 profesores en formación, en su mayoría del género femenino de edades entre 18 y 25 años. Casi la totalidad de ellos proceden de bachillerato o de otra carrera previa. En los últimos años ha incrementado el número de estudiantes mayores de 25 años que entran después de haber estudiado otra carrera. A pesar de la diversidad de intereses y situaciones que definen el perfil del grupo, todos manifiestan interés por la química.

Esta investigación se centró en 6 Profesores en Formación de la carrera de Magisterio de Primaria e Infantil (2 hombres y 4 mujeres) de la Universidad Autónoma de Barcelona, en la provincia de Barcelona, quienes están inmersos en un programa de formación de duración de 3 años. En el programa de formación de profesores de Primaria, la química está dirigida a estudiantes de los primeros semestres, como *asignatura optativa* dentro de un itinerario de 'Ciencias'.

a) Los criterios de selección de la muestra.

El muestreo se ha centrado directamente en personas específicas. Así la representatividad de la muestra no se garantiza por el muestreo aleatorio ni por estratificación. En este sentido el muestreo va dirigido a las exposiciones y el material producido que promete las mayores ideas para evidenciar los mejores análisis del objeto de estudio, visto a la luz de la información que se puede utilizar y del conocimiento que se puede extraer de ella. Con ello, creemos que el muestreo teórico es la estrategia más apropiada y más próxima a la vida cotidiana, de acuerdo con los criterios y maneras de seleccionar propios de la investigación cualitativa.

En *Qualitative research and evaluation methods*, Michael Patton (2002, citado en Flick, 2004), plantea algunos elementos entorno a la selección gradual de la muestra, los cuales se han tenido en cuenta en este proceso investigativo:

- Los casos se pueden seleccionar según *intensidad* con la que los rasgos, los procesos, las experiencias interesantes se producen o se suponen en ellos. Como se ha mencionado, los casos se han seleccionado primero según la mayor intensidad de participación, material elaborado y compromiso con la asignatura.
- La selección de casos críticos apunta a aquellos en donde las relaciones que deben de estudiarse se hacen especialmente claras – por ejemplo, la reflexión y aprendizaje de los participantes en el campo de la química – y que son particularmente importantes para la evidencia de ‘logros’ que se desea presentar.
 - El criterio de *convivencia*, que se refiere a la selección de aquellos casos que son de más fácil de acceso en determinadas condiciones, que en este caso hace referencia al acceso a toda información necesaria y completa, la de Lorena, Juan Tomás, Paloma, María y Marta. Tomando como referencia la ‘facilidad de acceso’ otros autores como por ejemplo, Bisquera (2004) definen el muestreo como no probabilístico casual, donde la muestra se tiene según la facilidad de acceso, *dependiendo de distintas casualidades fortuitas* (Bisquera, 2004: 148). En nuestro caso, esta casualidad se dió gracias a la distribución de los grupos de trabajo, tomando al líder del grupo como sujeto preferente de estudio (caso).

3.4.3.1. La profesora y el equipo docente

La profesora titular del curso es Doctora en Química y Catedrática del Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales, es autora de diversas publicaciones y artículos de divulgación e investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química. Asimismo es autora de gran parte del enfoque que sigue la asignatura. Por otra parte, cabe señalar que dentro del Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales de la UAB se ha consolidado un equipo docente de profesores interesados en impulsar la formación científica del profesorado de primaria en formación. Este equipo docente ha venido trabajando desde el año 2005 a través de proyectos MQD (*Millora de la Qualitat Docent*)²⁷, diseñando y poniendo en práctica estrategias docentes para el desarrollo de competencias químicas y críticas en los futuros profesores de primaria.

Por otro lado hemos de destacar que tanto tutor como la directora de la tesis forman parte del grupo de investigación LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències; Universitat Autònoma de Barcelona, Referencia 1502). El grupo tiene como finalidad investigar el desarrollo de competencias comunicativas en el marco del aprendizaje de las ciencias. Una de sus líneas de trabajo son las interrelaciones entre el hacer↔pensar↔hablar en un proceso de modelización científica, que forman parte de la base teórica y son el principal foco de interés en este trabajo.

²⁷ Proyecto de Innovación docente, financiado por la DURSI, que se propone la mejora de les Prácticas de Ciencias dirigidas a la Formación del Profesorado. Las actividades y materiales producidos pueden ser consultados en el siguiente espacio Web. <http://ace.uab.cat/laboratori/>

Quisiéramos agregar que la asignatura se impartió en dos cursos paralelos siendo el investigador el docente de la sesión de tarde y observador en el que se desarrollaba por la mañana.

3.4.3.2. El investigador.

En una investigación de tipo interpretativa el investigador asume un papel activo, considerando todo aquello que vemos orientado por nuestros intereses, creencias y conocimientos del fenómeno que se estudia y del contexto en que se desarrolla. Estas interpretaciones se filtran por una serie de referentes que buscan que cuando otro investigador las analice comprenda claramente lo que se ha realizado y el *por qué*. En educación, la sola presencia de una persona ajena a la clase genera ciertas modificaciones de conducta y formas de proceder de los individuos que se observan, aunque esto se va superando con el tiempo de permanencia de la persona en el grupo.

Antes de comenzar las sesiones, a los profesores en formación se les presentó al investigador, su formación profesional (*Profesor de Química y Ciencias Naturales*) y su respectiva función en la asignatura (*Profesor ayudante*). Estos antecedentes permitieron que se generara cierto grado de sensibilización en cuanto al material elaborado. Se les explicó la investigación, los compromisos y los espacios de trabajo donde se realizarían las tutorías.

En un comienzo el investigador asumió el papel de observador del proceso, guiando y asistiendo a la docente en el desarrollo del proceso, luego como técnico complementando el curso con algunos recursos informáticos y diseño de materiales, más tarde escuchando y llevando el registro en video de las sesiones, más adelante como profesor generando preguntas de reflexión clarificando dudas sobre conceptos de química. Y finalmente, desarrollando la misma asignatura en paralelo en un turno ofertado por las tardes.

Quisiera recordar que la historia de este trabajo de investigación tiene sus inicios en las propias etapas de formación del investigador²⁸.

Al desarrollar estos roles no se llevaban notas de campo de las sesiones, ya que teníamos el registro de video, pensando en que esta acción (la de estar apuntando observaciones) haría sentir incómodos a los profesores en formación en primaria, y los podría inhibir de expresar lo que pensaban, además, ello otorgaba libertad para realizar otras acciones, como asistir en las actividades de laboratorio a los alumnos.

3.4.4. La asignatura-proyecto, el enfoque *química paso a paso*

Lo reportado en este trabajo corresponde a las actividades desarrolladas en la primera unidad de aprendizaje (unidad didáctica) de la asignatura, de un total de siete diseñadas, que inicialmente la componen. Así damos cuenta del progreso de dos grupos de trabajo de los cuales emergen los casos. La asignatura comenzó a dictarse en el año 2005 y hasta fecha, bajo un enfoque particular que hemos llamado *química paso a paso* (ver web

²⁸ Trabajo de Investigación optar al título de Máster, que frece el Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals, titulado: 'Planificar la actividad experimental en un curso de química universitaria' (Merino, 2006) desarrollado en el curso 2005-2006.

<http://ace.uab.es/acevirtual>). Detrás del diseño se encuentran fundamentos que provienen de la filosofía, epistemología y didáctica de las ciencias, que se han dado a conocer en los trabajos iniciales de Izquierdo (2004, 2006)²⁹ y Merino y Izquierdo (2006, 2008)³⁰.

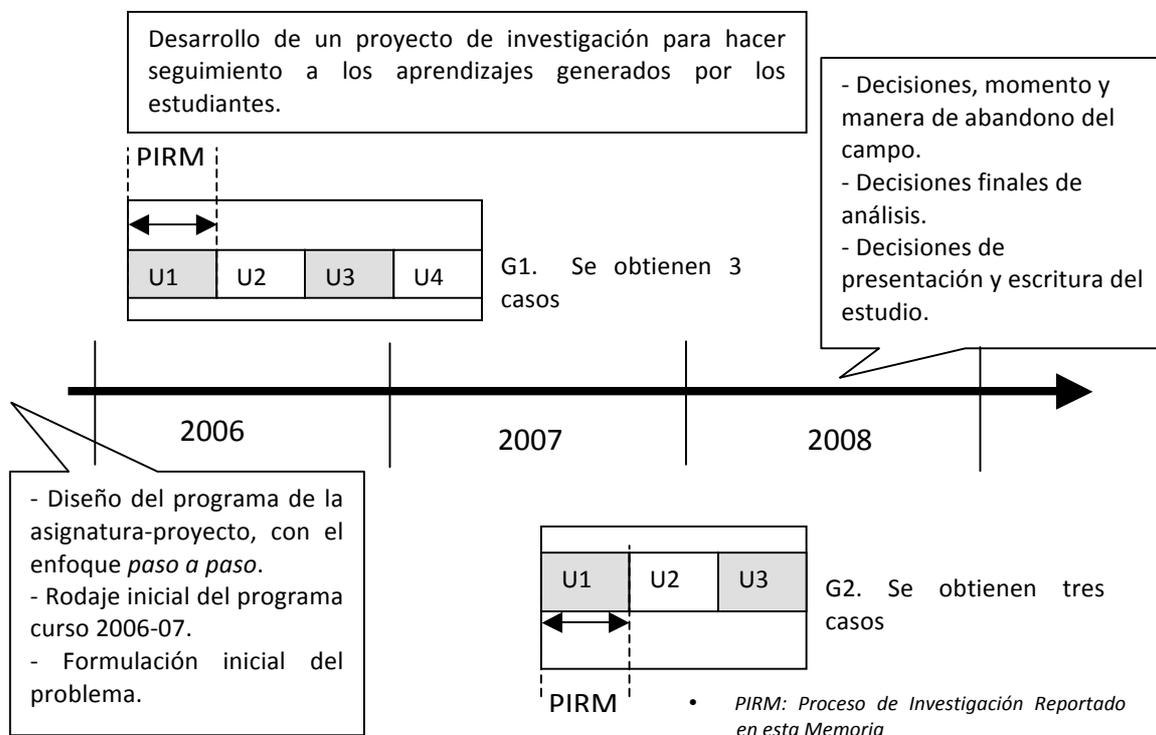


Figura 3.11. Línea de tiempo del proyecto

En el 2005 se impartió la asignatura y de desarrollaron todas las unidades; para el equipo de investigación, este curso sirvió de punto de partida para lo que se tendría en cuenta en los años siguientes. Así los datos sólo fueron considerados a modo de reflexión interna para recapacitar y mejorar las actividades y las unidades. En los años siguientes, a causa de una reducción en la carga horaria producto de modificaciones curriculares que no se consideran en este estudio, se optó por trabajar menos unidades pero con una mayor profundidad, para favorecer la riqueza de los discursos y producciones de los participantes. El interés se centró en analizar la manera en que los profesores en formación en primaria se apropiaban de elementos en el marco del enfoque 'química paso a paso', diseñada teniendo como eje central el 'Modelo Cambio Químico'. Tomamos como criterio fundamental para escoger los casos que la información recolectada de cada uno de los miembros del grupo, fuera completa, lo cual tuvo como criterio de selección posterior nos quedaríamos con el coordinador del

²⁹ Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *Journal of Argentinian Chemical Society*, 92(4/6), 115-136.

Izquierdo, M. (2006). La educación química frente a los retos del tercer milenio. *Educación Química* 17(X), 114-128.

³⁰ Izquierdo, M y Merino, C. (2006). Un enfoque 'modelizador' para la enseñanza de una 'química básica para todos'. *XXII Encuentro en Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Zaragoza.

Merino, C. e Izquierdo, M. (2008). Las reglas de juego en el tratamiento del descomponer y el quemar. *XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 299-313, Almería.

grupo. Así emergen 6 casos (2 hombres y 4 mujeres) que asistieron con regularidad y participaron en las actividades programadas en la asignatura y presentaron sus portafolios, que resultaron pertinentes.

3.4.5. Descripción del proceso desarrollado

En la primera sesión de la asignatura se realizó una introducción en donde se presentó la propuesta general de la asignatura con todos sus temas (módulos) y se les explicó la metodología de trabajo y evaluación continua del enfoque '*química paso a paso*'. El papel del docente y lo que se espera del trabajo. Lo expuesto se ubicó en la problemática: *¿Puede enseñarse química en primaria?* (Izquierdo, 2006)³¹, en el contexto del programa de formación de Maestro de Primaria e Infantil de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Barcelona. Respecto a si esta materia se puede aprender en primaria o no, debe de pensarse que nada puede ser más difícil que enseñar a leer y a escribir, a contar a obedecer y a compartir...Comparado con todo eso, aprender química tendría que ser algo sencillo, porque las ideas básicas en las cuales se fundamenta son pocas y sencillas y hacer química es una actividad útil y divertida, al alcance de los niños de todas las edades. Se planteó de esta manera con el fin de generar una problemática más próxima a los intereses de los participantes y que se relacionará de forma directa con lo que se desarrollará posteriormente.

La investigación adelantada se estructuró en tres etapas:

- i. La primera etapa, que nominamos *exploración empírica y teórica*, en la cual se realizó una fundamentación a nivel teórico y metodológico sobre los referentes que orientarían el proceso a desarrollar. De igual manera se diseñaron algunos instrumentos y su posterior aplicación para indagar las ideas que presentarían los participantes de la propuesta sobre algunos aspectos básicos que se contrastarían al final del proceso, relativos a cuestiones básicas en química.
- ii. La segunda etapa, denominada *desarrollo de la propuesta*, da inicio al curso, el cual tenía un triple propósito. El primero, alentar a los participantes según una visión de una '*química básica para todos*' y qué significa aprender química bajo un enfoque 'modelizador'; el segundo, que explicar es relatar aquello que vemos desde la perspectiva de la '*interacción entre los materiales*', midiendo siempre que sea posible, las cantidades que interaccionan para sustentar de manera cuantitativa a las entidades químicas. Tercero que, las preguntas *¿qué tengo? ¿qué hago? ¿qué pasa? ¿hasta cuándo pasa?*, pueden mostrar aquello que interviene en la interacción. En esta etapa se realizó la selección de los casos que serían estudiados mediante los criterios ya indicados en el apartado de estudio de casos.
- iii. En la tercera etapa, denominada *análisis de resultados y conclusiones*, se organizó la información y la vez se realizó una triangulación para analizarla. En esta etapa se formalizan las '*transiciones*' que alcanzan los profesores en formación en Primaria soportado en las relaciones entre el Modelo Teórico de Cambio Químico, el experimento subyugado y el lenguaje empleado.

³¹ Artículo publicado en Guix. Elements d'Acció Educativa, 326-327, pp. 28-26, julio-agosto 2006

Este proceso se asume en varios niveles que van desde lo macro a lo micro con un carácter cíclico y no unidireccional. Este carácter cíclico y recursivo (como ya hemos mencionado en líneas anteriores) obliga al investigador a reflexionar permanentemente sobre el proceso completo de investigación y sobre situaciones y casos particulares. Los supuestos teóricos se vuelven relevantes como visiones preliminares al son de comprender el objeto que se estudia, que se reformula y sobre todo se re-elabora, durante el proceso de investigación.

3.4.6. Colección de datos e instrumentos.

Para el proceso de colección de información se recurrió a las siguientes técnicas: instrumento escrito (cuestionario de entrada de preguntas cerradas), grabaciones de video (las sesiones y algunas entrevistas), portafolios. A continuación describimos el proceso de validación de los instrumentos.

El proceso de construcción de los instrumentos partió del análisis de los referentes teóricos y de estudios previos que soportan la investigación; de allí se estudio el problema en detalle y sus interrogantes. A partir de ellos se identificaron unas primeras maneras de mirar los datos. Así los ámbitos de reflexión emergen desde el *pensar*, *el hacer* y *decir* sobre el cambio químico, constituido en 'Modelo' vertebrador del proceso docente.

A continuación se describe cada uno de los instrumentos que se emplearon en la investigación.

		Ficha de instrumento
Nombre	Ideas básicas	Anexo 2
Objetivos	Indagar sobre las ideas básicas con las que arriban los profesores en formación de primaria a la asignatura.	
Descripción	El instrumento tiene como preocupación central conocer que ideas de química y sobre el cambio químico tienen los participantes.	
Destinatarios	Profesores en formación de primaria	

Tabla 3.11. Ficha instrumento 1

		Ficha de instrumento
Nombre	Transcripción de sesiones de interés	Anexo 3
Objetivos	Registrar los diálogos que se llevaron en algunas de las actividades desarrolladas en la asignatura.	
Descripción	En este documento aparecen los registros de las actividades desarrolladas en las sesiones de la asignatura. A partir de las grabaciones, se toman las 'notas de campo' y se transcriben aquellos escenarios que son de nuestro interés. a) Puntos suspensivos indican que antes o después de la frase hay información pero que no es relevante para el análisis que se hace, b) puntos suspensivos entre paréntesis se emplean para indicar que la frase queda cortada porque la persona está pensando en otra idea, o no se logra descifrar lo que está diciendo, c) se ha resaltado con distintas tonalidades de grises aquellos aspectos que el investigador a considerado de mayor relevancia.	
Destinatarios	Profesores en formación de primaria	

Tabla 3.12. Ficha instrumento 2

		Ficha de instrumento	
Nombre	Portafolio	Anexo	4
Objetivos	Brindar una herramienta que le permita al profesor en formación consignar sus ideas y todos los materiales proporcionados en la asignatura como los producidos por ellos.		
Descripción	Este instrumento permite a los profesores en formación de primaria escribir ideas sobre lo que trabajo en el curso. El portafolio se estructura siguiendo las unidades del curso.		
Destinatarios	Profesores en formación de primaria		

Tabla 3.13. Ficha instrumento 3

3.4.7. Análisis de los datos

Para la realización del análisis de los datos se retomaron algunos elementos básicos de Bardin (2002) en especial a lo que hace referencia a la organización del proceso general. Este proceso de organización se dio en cuatro fases, 1) *preanálisis*, 2) *codificación*, 3) *categorización* y 4) *triangulación*. La fase de *preanálisis* se caracterizó por ser la primera etapa en la sistematización de las ideas para llegar a un proceso de análisis. No hay una sola manera correcta de analizar los datos cualitativos; además es esencial hallar modos de usar los datos para pensar con ellos (Goffey y Atkinson, 1996)³². Esta fase tiene como objeto la contrastación de los documentos que se van a someter al análisis, (grabaciones de video, producciones escritas de los profesores según la actividad realizada) con las preguntas de investigación y con los objetivos de la misma, y la elaboración de los itinerarios iniciales, en que se apoyaron luego las interpretaciones. Esta fase incluye la lectura preliminar, gracias a la cual se realizan las primeras impresiones y orientaciones sobre la documentación que se tenía, a razón de las preguntas y objetivos de la investigación. A partir de esta lectura se retoman los documentos generados, dando origen al *corpus*, que representa al conjunto de documentos tenidos en cuenta para ser sometidos al proceso de análisis. Para constituir este *corpus* se han de tener en cuenta las siguientes reglas (Bardin, 2002):

- *Exhaustividad*, teniendo en cuenta las fuentes primarias e interpretarlas;
- *Representatividad*, teniendo en cuenta todo el material se tomaron 3 profesores de cada año.
- *Homogeneidad*, según en la cual los documentos seleccionados obedecen a unos criterios de selección según el problema y objetivo, que hacen referencia a la similitud de temáticas a estudiar y técnicas de aplicación.
- *Pertinencia*, donde los documentos escogidos han de ser adecuados a los objetivos y al problema a investigar para que el proceso de aporte pueda dar cuenta de los 'itinerarios' (de las relaciones) entre el modelo de cambio químico, el experimento subyugado y el lenguaje empleado que siguen los Profesores en formación en primaria en un contexto de ciencia escolar.

El retomar las preguntas y los objetivos de la investigación tiene como propósito visualizar al detalle el objeto de estudio, las relaciones entre el Modelo de Cambio Químico, el experimento realizado y el lenguaje empleado por los profesores en formación en primaria, y desde allí tomar una dirección en el análisis del proceso. Los

³² Coffey, A. y Atkinson, P. (1996). *Making sense of qualitative data: complementary research strategies*. Sage publication Inc: London.

indicadores que se derivan serán las ideas de los profesores en formación en primaria, la forma en que se desarrolla la asignatura-proyecto, el uso que le dan los profesores a lo aprendido y las reflexiones que se generan a partir del proceso. La preparación del material hace referencia a la transcripción y edición de los documentos que se analizaron, en este caso los instrumentos escritos, las sesiones, los portafolios y las entrevistas.

La fase de *codificación* implicó un primer nivel de análisis, consistiendo en una lectura más detallada de los instrumentos y la respectiva formulación de los mensajes. La codificación se interpreta como el proceso de representar las operaciones por las cuales los datos se desglosan, conceptualizan y se vuelven a reunir en nuevas maneras. Es un proceso vital por el cual se construyen inferencias y teorías a partir de los datos; en términos de Bardín (2002), una transformación efectuada mediante reglas precisas de los datos en bruto. Así la codificación trata de expresar los datos y fenómenos en forma de conceptos. Con este fin, se desenmarañan o segmentan los datos, (etapa de descomposición), en donde se eligen las unidades de registro. Para este caso, la forma en que se apropiaron lo aprendido durante la inclusión en la asignatura, queda subscrita en los 'itinerarios' que logramos recrear. Una segunda parte de la codificación es la clasificación de las expresiones por sus unidades de significado (secuencias breves de palabras, frases) para asignarles anotaciones pero sobre todo 'nociones'. Este procedimiento no se puede aplicar a los textos enteros, sino que se empleó en segmentos ejemplificadores.

La fase de *categorización*, corresponde a un segundo nivel de análisis, la cual consiste en una operación de clasificación de los elementos constitutivos, a partir de criterios definidos. Las categorías son secciones o clases que reúnen elementos bajo un mismo título genérico (Bardín, 2002). La codificación precede a la categorización y la última parte de la codificación es retomada para iniciar el proceso de análisis de los aspectos comunes entre los elementos, para así clasificarlos. Las relaciones desarrolladas y las categorías que se tratan como esenciales se verifican una y otra vez frente al texto y a los datos. Así el investigador se mueve entre dos mundos: el pensamiento inductivo (desarrollar categorías y relaciones a partir del texto) y el deductivo (examinar categorías y relaciones a partir del texto, especialmente frente a los ejemplos que son diferentes de aquellos a partir de los que se desarrollaron). Las categorías se construyeron por dos vías, una teórica y otra empírica. La primera hace referencia a las que el investigador construye a base a los referentes teóricos que guían el trabajo, los antecedentes, la experiencia del investigador y todo esto relacionado con el problema y con los objetivos. La segunda se genera durante el proceso de intervención con los profesores en formación en Primaria, según la forma en que esté se desarrollando el proceso, se den nuevas situaciones, relaciones, interacciones que permitan evidenciar aspectos que no se tenían contemplados por la primera vía y que emergen en el contexto real.

La fase de *triangulación*³³ que corresponde al tercer nivel de análisis se inicia con la síntesis y selección de los resultados de la categorización realizada; permite generar información con mayor grado de organización y sistematización para realizar las inferencias e interpretaciones que de ella se desprendan. La interpretación de la triangulación ha ido cambiando cada vez más hacia un enriquecimiento adicional y un perfeccionamiento del conocimiento. Por otro lado se realizó una *triangulación metódica*, ya que se emplearon diferentes instrumentos (transcripciones de actividades típicas de aula, portafolio, entrevistas) para coleccionar la información. La triangulación es una alternativa de validación que incrementa el alcance y la profundidad de las actuaciones metodológicas y a partir de ellas se pueden hacer inferencias e interpretaciones a nuestro fenómeno estudiado (Flick, 2004). El proceso de análisis de datos descrito se resume en el siguiente recuadro.

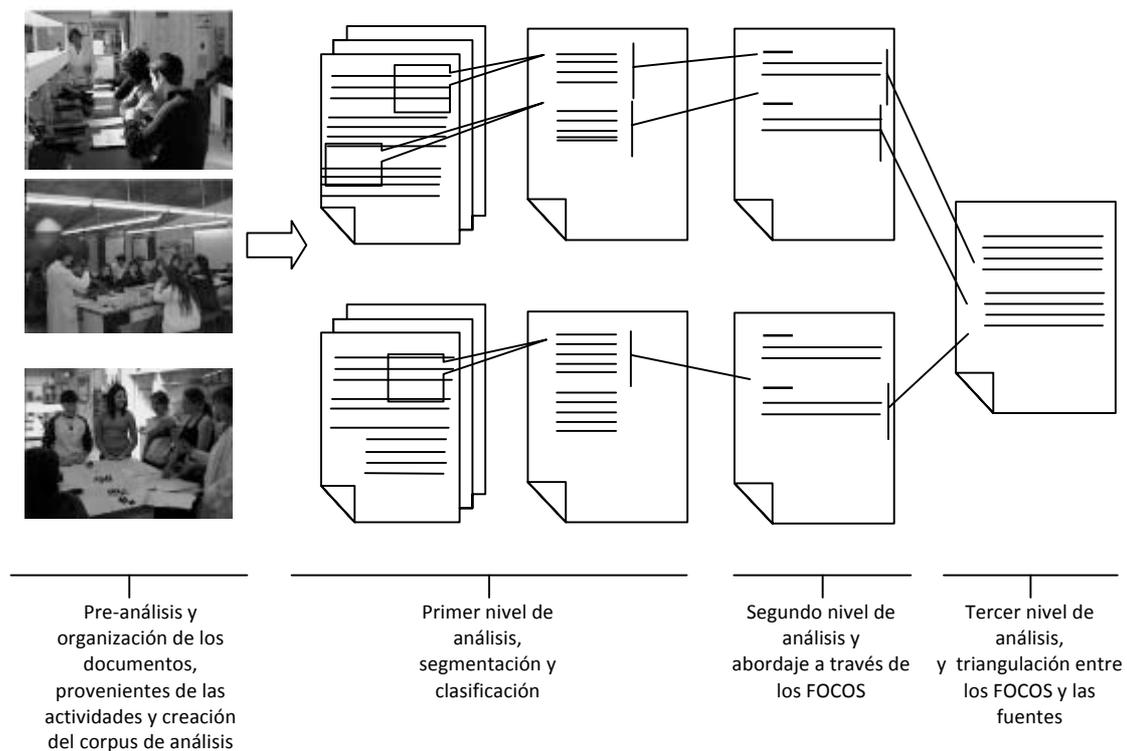


Figura 3.12. Proceso de análisis de los datos

Nuestro trabajo de investigación es exploratorio, en la medida que a partir de unos datos obtenidos, (explicaciones elaboradas por los estudiantes, verbales y escritas) se intenta establecer relaciones entre ellos, para definir posibles *itinerarios del proceso de modelización del cambio químico que siguen maestros en formación de primaria a partir de sus respuestas a unos materiales docentes diseñados con la intención de promover actividad científica escolar.*

La investigación tiene una doble naturaleza producto de su historia y de los intereses de los investigadores y de los participantes, propio de las investigaciones cualitativas que intentan inscribirse en un paradigma más crítico que descriptivo. En nuestro caso no hay

³³ Al igual que en García (2009) tomamos el interpretamos el término 'triangulación' como aquel que se hace referencia al uso de múltiples métodos que intentan asegurar una comprensión amplia del fenómeno a estudiar.

una rigidez en la dirección de la investigación. El objetivo inicial es la caracterización de la propuesta, y ver qué cosas nos dicen los estudiantes sobre el modelo de cambio químico y cómo interpretan los fenómenos a un nivel macro; a medida que la investigación va avanzando, se irá ampliando o redefiniendo en función de las categorías de análisis (en la primera etapa) que han de ir apareciendo.

¿Por qué estudiar lo que ocurre cuando unos alumnos desarrollan una actividad de aula como la de comprender un texto o resolver un problema químico? De las diversas razones que cabe encontrar, la que ha guiado nuestro trabajo es la necesidad de describir y caracterizar qué pasa bajo el enfoque 'Química paso a paso' (Qp2), teniendo en cuenta los conocimientos de los que disponemos. De hecho, fenómenos como la lectura, la comprensión del lenguaje o la resolución de problemas han sido intensamente estudiados y contamos, por ello, con un amplio número de propuestas y de recursos educativos bien fundamentados que encuentran, sin embargo serias dificultades a la hora de enriquecer la vida del aula (de Jong, 2007)³⁴.

Queremos centrar cuanto sigue en aclarar el problema que plantea la elección de la unidad de análisis y del foco o dimensión considerada. Para ello, a la par que describimos la lógica, las dimensiones y los supuestos del sistema, mostramos un cierto número de evidencias que nos hacen ver en qué medida el cambio de la unidad de análisis modifica de manera sustancial la imagen que podemos extraer de una interacción.

3.4.8. Focos y unidades de análisis

Siguiendo a Sánchez, García, Rosales, de Sixte y Castellano (2008)³⁵, el sistema de análisis busca dar cuenta y volver inteligibles la sucesión de acciones, palabras y gestos que van transcurriendo ininterrumpidamente y de forma un tanto desordenada durante el desarrollo de una o más las actividad(es) de aula. Para romper o segmentar lo que de hecho es algo continuo, es necesario establecer unidad(es) de análisis que ordenen el proceso. Una vez segmentada la interacción de acuerdo con esas unidades, aparece un segundo problema: establecer qué es lo que merece la pena considerar en esos segmentos, es decir, qué es lo relevante. Veamos ambos aspectos por separado antes de ofrecer una visión conjunta del sistema desarrollado.

a) El problema de las unidades de análisis

El problema de las unidades de análisis emerge cuando deseamos estudiar un fenómeno que es de carácter dinámico y los agentes participantes son irreductibles unos a otros. *¿Dónde romper, para encontrar regularidades en los cortes?*

³⁴ De Jong, O. (2007). Teaching practice and research in chemistry education: living apart or together?. En Izquierdo, Caamaño y Quintanilla (Ed.) *Investigar en la enseñanza de la química. nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Barcelona: Servei de Publicacions, UAB.

³⁵ Sánchez, E., García, J. R., Rosales, J., de Sixte, R., Castellano, N. (2008) Elementos para analizar la interacción entre estudiantes y profesores: ¿qué ocurre cuando se consideran diferentes dimensiones y diferentes unidades de análisis? *Revista de Educación*, 346, 105-136.

La asignatura ofertada (diseñada bajo el enfoque ‘química paso a paso’), está constituida por 7 temáticas que se desarrollan en Unidades Didácticas. Para el desarrollo de esta tesis hemos contemplado sólo la primera unidad, por dos motivos.

- En la primera unidad se encuentra la dinámica y ‘gafas’ que deseamos proporcionar al alumnado.
- Un criterio de sentido común, de acotar el trabajo del análisis y exposición de los resultados y de lógicas de gestión de la investigación (formación y recursos, estancia del investigador).

Así, para dar cuenta a nivel global, los datos se estudiaron a partir de Focos (F), siendo éstos segmentos de actividades en las que se trabajaba sobre un aspecto específico, teniendo éste relación directa con la transformación de fenómenos en ‘Ejemplos – Modelo’ de Cambio Químico. Los escenarios podían incluir una o varias sesiones de clase. Se definieron 3 focos (F) relacionadas con tres tareas específicas (ver tabla 3b):

F ₁ : Elaboración de una maqueta sobre el descomponer o el quemar, de algunos o todos los fenómenos estudiados y explicación al grupo clase.
F ₂ : Elaboración de una narración, colectando y reconstruyendo lo aprendido.
F ₃ : Elaboración del portafolio, consignando los materiales y actividades desarrolladas en el aula.

Tabla 3.14. Tareas

Secuencia Didáctica (SD)

No. de sesión (S)	Sesiones de la secuencia didáctica	Foco	Representación generada
1	Exploración las ideas de partida de los alumnos. Definición y seguimiento de objetivos. Elaboración del contrato didáctico.	Generalidades	Texto escrito
2	Introducción al tema a trabajar y su relación con el entorno y contexto. (I) Intentaremos comprender que la transformación de la madera en carbón es un cambio químico y también ‘haremos carbón’. Se trabajan ideas entorno a ‘casos’ ya conocidos (quemar una vela, una cerilla, una fogata. Se comparar una chimenea en la cual se quema madera con una barbacoa en la cual quema carbón), cómo se procedería, en el laboratorio. ‘La historia de los carboneros’.	Generalidades	
3	¿Cómo transformar la madera en carbón? El estudio de la carbonera como un sistema químico. <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la instalación, justificación de cada una de sus partes • Previsión del qué pasará • Trabajar con una muestra de madera (serrín) • Calentarla progresivamente • Obtener diferentes sustancias, que se intentará caracterizar • Interpretar sus resultados. Contrastar con las previsiones realizadas • Concluir 	Generalidades	Texto escrito
4	Interpretar los resultados obtenidos al calentar la madera	Generalidades	Texto y dibujos

	<p>a partir de las nuevas informaciones proporcionadas (materiales de lectura sobre la composición de la madera).</p> <p>Relaciones con la 'instalación' preparada para hacer el experimento. Comparaciones y estudio de la combustión de una cerilla de madera, una vela, un cacahuete.</p>		
5	<p>Nuevo fenómeno: La combustión de la vela.</p> <p>Qué pasa cuando se cubre un vela encendida con un vaso</p> <p>Qué pasa cuando se pone la vela parcialmente sumergida en agua en un vaso y luego se cubre con otro vaso</p> <p>Nuevo fenómeno: La lana de hierro. Historia de la mosquitera de hierro</p> <p>Pesaremos algo de lana de hierro y la quemaremos. Volveremos a pesar e interpretaremos los resultados.</p> <p>Pesaremos algo de lana de hierro húmeda y la colocaremos en una probeta que pondremos invertida sobre agua. ¿Qué cambios esperamos? Estudios en próximos días de constatación e interpretación</p> <p>Integración de las experiencias mediante una maqueta</p>	Generalidades	Texto y dibujos
6	<p>Elaboración de maqueta.</p> <p>Esta actividad es la última en relación al primer tema. Consiste en utilizar diferentes materiales con tal de explicar cómo podría ser la estructura interna de los materiales de estudio: la madera, el hierro, el oxígeno, la parafina, otras.</p> <p>Con los materiales que se disponen construir una 'maqueta' que represente los aspectos de la estructura de los materiales que se consideren más importantes: los átomos de los elementos, los enlaces, la energía...que pueden explicar los cambios químicos que se han observado.</p> <p>Se trabaja en grupo. La maqueta construida permitirá explicar ordenadamente: la descomposición de la madera, la combustión de la madera, la combustión del hierro, el comportamiento del hierro húmedo dentro de la probeta invertida sobre agua....</p> <p>Planificación de la maqueta y su justificación; no será nunca 'verdad', sino que sirve para relacionar el comportamiento químico de los materiales con su estructura interna y pensar en cómo deben ser los átomos y moléculas de las sustancias simples y compuestas.</p>	F ₁	Maqueta
7	<p>Exposición de maquetas al grupo curso</p> <p>Regulación de la representación en la interacción alumno-docente, alumno-alumno</p>	F ₁	Maqueta
8	<p>Hacer un listado de todo el que habéis aprendido. A partir de él, escribiréis una carta (máximo dos hojas) explicando qué habéis hecho en este primer periodo de clase. Se selecciona a quién se enviará: a amigos,</p>	F ₂	Texto y dibujo

germanos, niños de escuela, abuelos, padres.

Se les pidió a los alumnos que todos los materiales se fueran consignando en un portafolio. En el portafolio se encuentran sistematizadas todas las actividades desarrolladas por ellos.

F₃

Textos y dibujos

Tabla 3.15. Descripción de las actividades en Secuencia Didáctica y Unidades de Análisis.

En esta primera unidad de la asignatura se identificarán las principales actividades realizadas por los alumnos y sus dificultades, así como las principales ideas que fueron introducidas en las historias (narraciones, cartas) en las maquetas o en el portafolio. En otras palabras, y como no podía ser de otro modo: hay un montón de ‘muñecas rusas’ de distinto tamaño que están esperando a ser identificadas y que pueden encajarse unas en otras para, finalmente, dar orden e inteligibilidad a esa sucesión de voces y acciones que conforma una actividad de aula. Desgraciadamente, los términos empleados para referirnos a ellas van cambiando de unos autores a otros y siempre es una tentación y riesgo intentar una nueva taxonomía, pero, inevitablemente, no nos queda otro remedio que hacerlo. Veamos la taxonomía de unidades de análisis que hemos propuesto y que hemos ordenado de mayor a menor nivel de globalidad (véase Tabla 3.16).

	Unidad Temática (UT) Los 7 temas que componen nuestro enfoque (asignatura)	Unidad Didáctica (UD) Tema 1: Es pot transformar la fusta amb carbó?
+	FOCO Sesiones (clases)	Cada una de las unidades temporales en las que se desarrolla la Unidad Temática (UT). En nuestro caso se compone de ocho (8) sesiones nuestra UD.
Globalidad	Actividad típica de aula Lecturas comprensivas Actividad experimental Construcción y exposición de maquetas La escritura de historias	Actividades regulares con un objetivo y un plan de trabajo conocido que conforman cada una de las sesiones y que se repite habitualmente a lo largo de una UC o UD.
	Episodio	Si la Actividad es muy compleja, cabe diferenciar varias metas diferentes que suelen ser necesarias para su desarrollo. El desarrollo de cada una de esas metas principales constituye un episodio. En nuestro caso, en F ₂ y F ₃
-	Ciclo (Dentro del ciclo también se pueden considerar, para fines más específicos, el <i>turno</i> , las <i>contribuciones</i>)	Conjunto de intercambios necesarios para que dos o más personas lleguen a un acuerdo o, al menos, crean haber llegado a un acuerdo respecto del desarrollo de alguna meta (o sub-meta). Dentro de F ₃ .

Tabla 3.16. Taxonomía de las unidades

Podría llegarse a pensar que todas estas posibles «unidades de análisis» son simples artefactos del investigador para hacer su trabajo, pero no realidades sociales y mentales para quienes las emplean. Sin embargo, como enseguida se verá, eso no parece ser cierto. Las distintas estructuras tienen un valor real: ayudan a organizar las acciones y a saber lo que se espera de los alumnos, quiénes son o qué es lo importante. En otras palabras: no sólo son útiles para analizar la interacción educativa, sino también para

desarrollarla; mejor aún, son sus elementos constituyentes (Sánchez, *et al.*, 2008. p, 112).

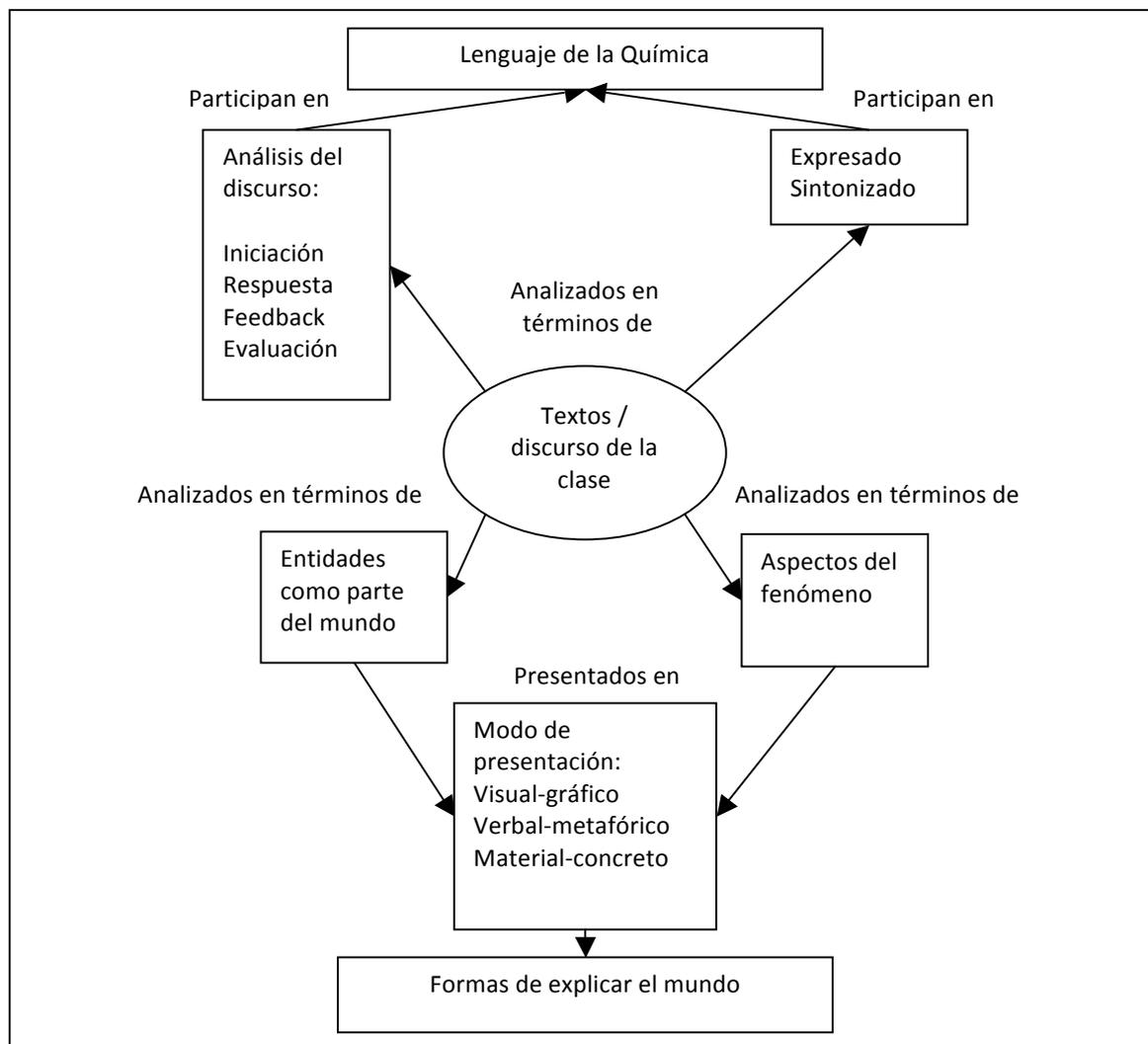


Figura 3.13. Análisis del texto del /los discurso (s) de la clase (adaptado de Boulter, 2000)³⁶

b) Química paso a paso

La propuesta *química paso a paso* se nutre del trabajo continuo y permanente de diferentes colaboradores al Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona. Presenta elementos propios que la diferencian de otras propuestas, que presentamos a continuación:

- En primer lugar cuando se presentó la actividad la propuesta en el Seminario de investigación sobre la enseñanza de la química “Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar” que se llevó a cabo en abril de 2003,
- En segundo lugar una selección y rediseño de actividades exitosas llevadas al aula por docentes colaboradores a través del proyecto Ciències 12-16.
- En tercer lugar se consideró como aspecto fuerte, las aportaciones de la idea epistemológica de Modelo Teórico. Una de las tantas ideas sostenidas y desarrolladas es que los conceptos químicos (como ocurre con los otros conceptos

³⁶ Boulter, C. (2000) Lenguaje, models and modelling in the primary science classroom. En J.K Gilbert y C.J. Boulter (eds.), *Developing Models in Science Education*, 289-305. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

fundamentales de las diferentes disciplinas científicas), no tienen significado si se desconectan de la intervención química en la naturaleza (sus problemas, sus finalidades, sus limitaciones), por lo tanto, lo primero que se ha de proporcionar al alumnado no son definiciones de las entidades químicas ni fenómenos ya explicados mediante sus lenguajes específicos sino *'la manera de mirar'* propia de la química, que ve en el mundo un tipo de cambio que le interesa y en el que puede intervenir, que es diferente de otro tipo de cambios, por ejemplo físicos, biológicos, ..., (Izquierdo, 2004 y 2006).

Han participado entre los cursos 2005-2009, sesenta estudiantes de la carrera de Maestro de Primaria e Infantil, en esta asignatura que, es de carácter optativa en el itinerario de ciencias. El carácter optativo es un elemento fundamental que le concede un alto grado de pertenencia, aunque no ha implicado que todos los participantes desarrollen la misma responsabilidad en el desarrollo de sus actividades. La docente de la propuesta-asignatura tuvo que desarrollar varios roles, entre ellos: *negociador de intereses*, sobre los objetivos de aprendizaje de los participantes para que estos no se diluyeran y por otro lado responder a las expectativas de los mismos, líder académico, y *persona que sabe escuchar* que motivaba y presionaba a los participantes cuando era necesario, pero lo más importante les hacía sentir su papel protagónico de constructores de conocimiento químico. A partir de la revisión del material colectado), hemos puesto énfasis en mirar en ciertos momentos en los que creemos que se logra un intercambio de comprensión conceptual y práctica científica más claros (conocer, construir, evaluar y comunicar) que se recogen en la figura 6.14.



Figura 3.14. Tareas en las que se aprecia un intercambio conceptual y de práctica científica 'más clara' (conocer, construir, evaluar y comunicar)



Figura 3.15. Focos en que se segmenta la Unidad Temática para su análisis.

Como hemos mencionado en el apartado referido al diseño, presentamos los focos creados a partir del *pre-análisis* del material colectado (Figura 6.13). Cada foco se presenta consecutivamente, resaltando en el análisis los profesores seleccionados. Así en cada uno de ellos se presenta:

- *Primer foco.* Se presenta las transcripciones y análisis de las maquetas
- *Segundo foco.* Se presentan las transcripciones y su análisis de las narrativas
- *Tercer foco.* Se presentan las redes que emergen de los materiales consignados en el portafolio en las cuales los alumnos nos dan cuenta de las experiencias vividas con el fenómeno y el experimento.

El siguiente esquema recuerda qué módulo y actividades estaremos revisando.

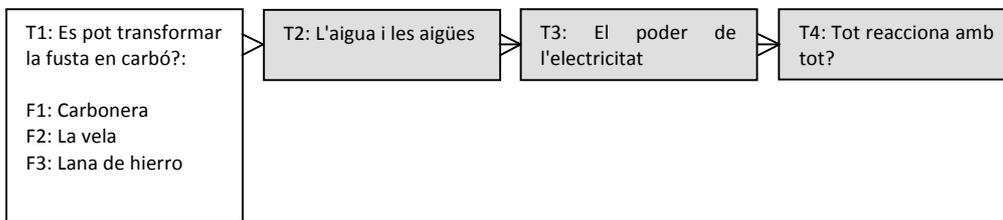


Figura. 316. Unidad temática a la cual se refiere este análisis.

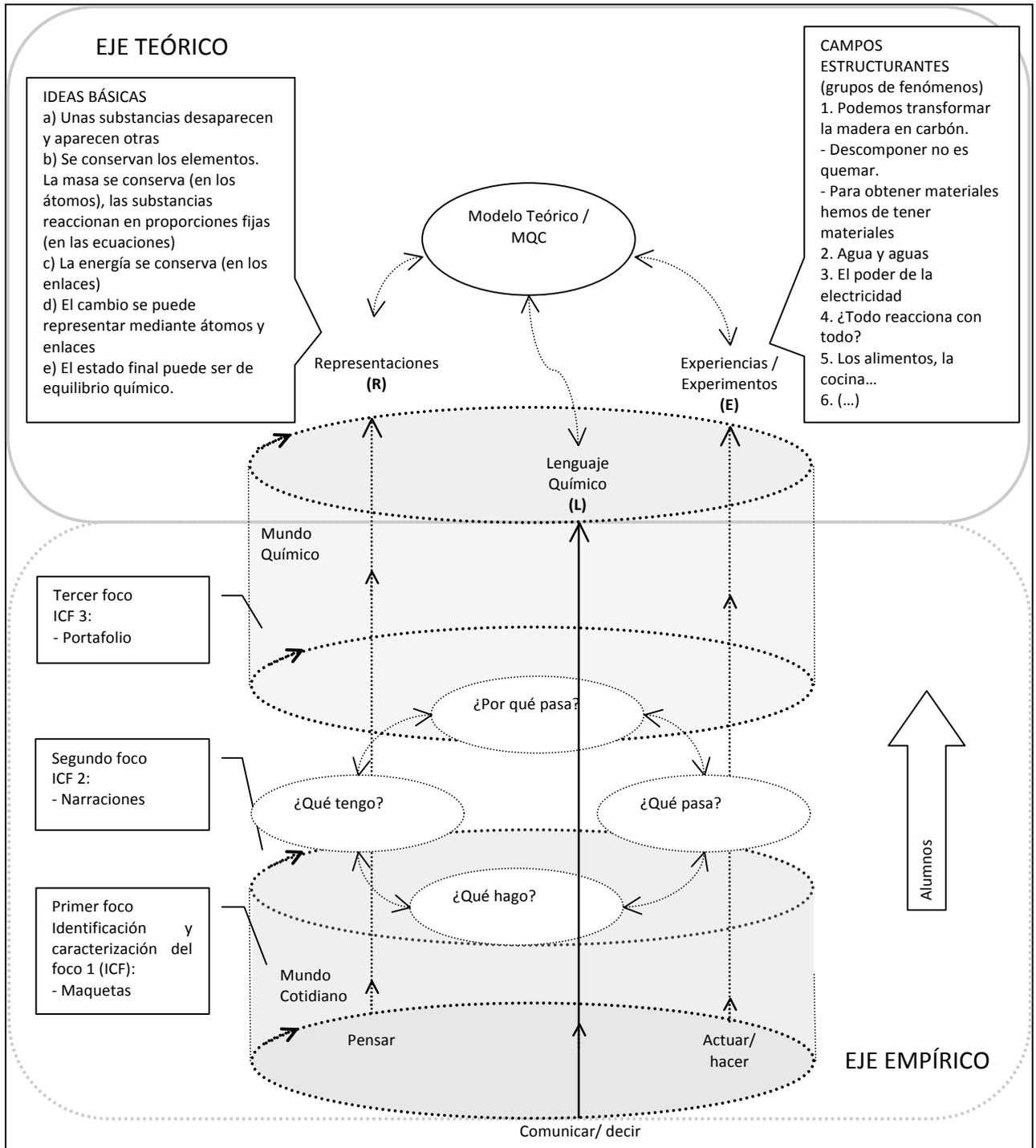


Figura 3.17. Referencias teóricas y de análisis

Para mirar en cada foco, (y para recordar) hemos establecidos las siguientes secuencias:

- F₁ En este foco daremos cuenta de las actuaciones de los maestros frente a sus maquetas. Para continuar ‘desmenuzando’, hemos seguido un procedimiento general de análisis que resulta de la adaptación, interpretación y aplicación de una parte del modelo propuesto por Coll, Onrubia y Mauri (2008)³⁷ es decir:
- a) videograbación de las sesiones seleccionadas
 - b) transcripción de la exposición de la maqueta;
 - c) identificación y descripción de los patrones de actuación de cada tipo de segmento de interactividad, en clave de Indagación (I), Iniciación (R), Feed-Back (F), Evaluación (E) para dar forma a los episodios.
 - d) codificación en términos de las transiciones previstas; (L↔R; R↔E; E↔L...)
 - e) reconstrucción y análisis de las eventos en clave de estas transiciones;
 - f) elaboración de «mapas de transición» del conjunto de los episodios; análisis de la evolución de las actuaciones dominantes por cada episodio;
 - g) interpretación «estática», desde el punto de vista del ejercicio de ‘transformación de los mundos’, de lo cotidiano a lo científico; de algunas características de la manera en que se presentan y re-presentan esos significados y de los 5 subdominios que constituyen esos mundos: evento, representación, objeto, regla y propiedad. (Le Marechal, 1999)
 - h) interpretación del conjunto de los tres niveles de análisis; e
 - i) interpretación global de los mapas de transiciones de los casos previstos

-
- F₂ En este foco daremos cuenta de las narraciones de los maestros. Tras identificar partes estructurantes en el texto para su análisis se procederá al análisis de los datos. Para que sea lo más rico posible y no condicione su interpretación se emplearán redes sistémicas (RS).

Esta técnica propuesta de Bliss (1983), resulta de la lectura de las narrativas elaboradas por los profesores. Son estructuras que muestran la dependencia independencia entre las ideas, valores y sentimientos que se expresan. Estas configuraciones son interpretaciones del investigador respecto a lo que se dice o está escrito. Así, la relación entre el documento y la red se establece mediante “reglas”, las cuales permiten establecer un lenguaje gráfico común entre los individuos sobre los cuales se utiliza esta metodología. Los criterios y los resultados que se obtienen permiten conectar la descripción de los datos con las posibles características (o interpretaciones) de estos, siguiendo en términos generales a Azcárate y Sanmarti (1996)

- j) identificación de las partes estructurantes de las narraciones producidas por los maestros (introducción, desarrollo y conclusión)
- k) dentro de cada parte se construyeron redes, obteniendo una red por cada estructura.
- l) interpretación global de las narraciones elaboradas
- m) codificación en términos de las transiciones previstas para los casos seleccionados provenientes del F₂;
- n) elaboración de «mapas de transición»; análisis de la evolución de las actuaciones dominantes en los casos seleccionados.
- o) interpretación global de los mapas de transiciones de los casos previstos en esta actividad de aula.

-
- F₃ En este foco daremos cuenta de las conexiones que realizan los maestros en formación en basándonos en sus producciones almacenadas en el portafolio. En nuestro caso, en esta memoria se informa sólo sobre la primera Unidad Didáctica. En el proceso seguido se describe:
- a) Organización de los fenómenos estudiados que resulta de la interpretación, adaptación y aplicación del modelo propuesto por Izquierdo (2004)³⁸

³⁷ Coll, C., Onrubia, J. y Mauri, T. (2008) Ayudar a aprender en contextos educativos: el ejercicio de la influencia educativa y el análisis de la enseñanza. *Revista de Educación*, 346, 33-70.

³⁸ Izquierdo, M. (2004). un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *J. Argent. Chem. Soc.* 92 (4-6), 115 – 136.

-
- b) Representación de las conexiones establecidas mediante la asistencia del software Cmaptools.
-

Finalmente tras la consecución de esta trama metodológica, esperamos conocer, entender e interpretar las respuestas del alumnado al tratamiento 'químico paso a paso' (Qp₂).

3.4.9. Validez y fiabilidad

El proceso de aprobación y acuerdo intersubjetivo son esencialmente importantes en la medida que garantizan la validez de las *interpretaciones* y *generalizaciones*. El consenso podría referirse a una interpretación grupal o de un equipo de investigación (validez consensual); y alcanzarse entre el investigador y personas externas (colegas expertos de otros equipos de investigación) en un proceso denominado 'validación argumentativa' o 'validación de expertos. Los instrumentos diseñados se validaron con la directora de esta investigación y otros colegas, que tuvieron en cuenta la pertinencia, estructura y correlación de su contenido con lo que se había planeado.

Para evaluar la fiabilidad del sistema de análisis (LER), se seleccionaron de forma aleatoria fragmentos de distintos textos y tres jueces siguieron independientemente cada uno de los pasos del procedimiento utilizando un detallado manual. Los desacuerdos existentes se resolvieron mediante consenso, lo que dio lugar a la afinación de la nomenclatura (antes, LEM) más apropiada. Este modo de proceder se aplicó de manera recurrente hasta que la fiabilidad obtenida resultó satisfactoria: entre 0.78 y 0.99 para el conjunto de los pasos del análisis. Los datos que aquí serán presentados fueron obtenidos cuando tres jueces independientes siguieron la versión más consensuada y detallada del manual. Sanchez et al. (2008)

3.5. Resumen de esta sección

Regresando con Llorens (1987), en cualquier investigación siempre hay un problema que se quiere resolver para mejorar una situación deficitaria. En nuestro caso, la problemática que se desea abordar está relacionada con el aprendizaje, específicamente con la construcción de conocimiento químico escolar a partir de la modelización que tiene como eje el Cambio Químico. La investigación desea profundizar en la caracterización de un proceso basado en la modelización del cambio químico, mediante el análisis del discurso científico que va construyendo el alumnado a lo largo de su inclusión.

En el capítulo 4 se centrará en las explicaciones que aparecen en los libros de textos escolares y proyectos sobre el cambio químico, en términos del cómo se habla sobre los fenómenos químicos. Por otro lado, los estudios en didáctica de la química que hemos recogido en el capítulo 5 se ha centrado en el análisis de las explicaciones del alumnado a los fenómenos que fueron expuestos se les pidió dar cuenta del qué pasa y por qué pasa, en términos del cambio químico y sus conceptos subyacentes. Todo este primer

apartado al que llamamos 'oportunidad' nos sirvió de 'caldo' para la fundamentar las acciones y acontecimientos que recrean la 'amena conversación' que desarrollamos en la química paso a paso (de ahora en adelante, Qp₂) que se revisa en el capítulo 6.

Tentativamente nos aparece un objetivo metodológico que emerge a partir de la concreción del tercer objetivo de este trabajo. Buscar y ofrecer, un nuevo instrumento que permita hacer un diagnóstico que vaya más allá de las afirmaciones de que si alumno tiene o no la red analógica que compone el modelo de cambio químico. A parte de describir las posibles vías de construcción del proceso de interpretación y conexión (macro y micro) química de los fenómenos químicos estudiados, así como los de 'acción' durante la participación del tratamiento Qp₂.

Capítulo 4. Las maneras de mirar el Cambio Químico en los libros de texto y proyectos de química

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de los datos recogidos para lograr el objetivo específico I. Como ya hemos comentado previamente, hemos empleado aquellos segmentos de textos que correspondan al comienzo de la unidad referida al cambio químico. Los resultados se presentan por separado para los libros de textos y para los proyectos.

4.1. EL CAMBIO QUIMICO EN LOS LIBROS DE TEXTO

En este apartado se presenta el análisis y resultados obtenidos según los criterios pre-establecidos en el capítulo 3 para conocer cómo abordan el Cambio Químico los libros de texto de la muestra obtenida.

4.1.1. Fase I. Ejercicio de prueba y ajuste de la red.

A modo de revisión de los códigos de la red sistémica tomada para describir las estrategias retóricas de los libros de textos por Izquierdo (2005), se analiza a continuación un extracto del libro 1.

Libro 1: Ciènces experimentals, Química 2n cicle, ed. Baula 1995.

En la unidad “*Els canvis químics*” los autores comienzan presentando las sustancias ya que el cambio se produce entre ellas. Anticipa al lector que los contenidos a abordar, que son: sustancias puras, cambios químicos y su diferencia con un cambio físico (p.83). La lectura al texto que logramos hacemos es:

a. Para el contenido ‘sustancia’

Para el contenido ‘sustancias’ se comunica en base a un modelo de ciencia de carácter afirmativo:

- *“Una substància té una composició fixa i determinada i, per tant, sempre té el mateix valor en les seves propietats característiques: densitat, solubilitat, punt d’ebullició i punt de fusió.” [p. 84].*

Un modelo de lector distante-discípulo:

- *Des de l'antiguetat es va veure la necessitat de representar les substàncies d'una manera simbòlica. [p. 85]*

Un modelo didáctico transmisivo:

- Totes aquests materials són substàncies químiques, encara que normalment no hi pensem en aquest sentit. La Terra y tots els objectes del l'univers estan fets de substàncies

Respecto a la factualidad, los hechos se presentan de forma real apoyados por una imagen.

- Entre les substàncies simples hi ha: sòlids, com ferro, el zinc... (imatges de las sustancias fotografiadas sobre un vidrio reloj, acompaña un texto que dice: El zenc és un element). [p. 85]

En cuanto a los recursos (actos lingüísticos), aparecen definiciones (a) y ejemplos (b):

- *(a) Les substàncies simples són substàncies pures que no es poden subdividir en d'altres substàncies més senziles i només contenen un tipus d'element. [p. 85]*
- *(b) El zenc és un element. [p.85]*

b. Para el contenido 'elemento'

Se usa un modelo de ciencia 'problemático', donde la duda retórica está presente en el documento. Se plantea una pregunta que es resuelta en el texto.

- *Quins elements químics són necessaris per a la vida? [...] en el cos d'una persona, els elements es combinen en diferents tipus de compostos [...] els greixos estan fet de carboni, hidrogen i oxigen [...] se han identificat 108, del quals 91 es troben formant part de la natura....[p. 86].*

El modelo de lector nuevamente es distante (es un 'discípulo') como en toda la unidad al igual que el modelo didáctico, que es transmisivo. A excepción del apartado de resolución de problemas, que varía entre 'descubrimiento' y 'constructivista'. Los hechos que se presentan son (a) objetos reales, (b) simbólicos y (c) de laboratorio:

- (a) El iode i el sodi són elements (imagen de yodo y sodio como sustancias simples)*
- (b) Nom: hidrogen, simbol: H*
- (c) Instrumentos de laboratorio (vidrio reloj y espátula) para manipular el sodio)*

c. Para el contenido 'compuesto'

Regresamos a un modelo de ciencia dogmático de carácter, afirmativo:

- *Els compostos químics tene unes propietats caracteristiques que permeten identificar-los [p. 87].*

El modelo de lector (distante-discípulo) se mantiene igual que el modelo didáctico (transmisiva), al igual que la factualidad. Sustancia y compuesto difieren en sus retóricas respecto a el empleo de los símbolos, el resto se conservan.

d. Reactivos y condiciones en las que se realiza un cambio químico.

Las retóricas para este contenido son idénticas a las de compuesto. Los hechos son reales, simbólicos y de laboratorio (a), y los recursos empleados son definiciones, ejemplos y descripciones (b)

(a) *Una manera simple de representar els canvis que tenen lloc durant una reacció química, és fer-ho en forma d'equació química, amb els noms dels reactius i dels productes [...] Els símbols (s), (l), (g) i (aq) s'utilitzen per indicar si son sòlid, líquid, gasos o estan en dissolució aquosa, respectivament (p. 89).*

(b) *Si posem en una càpsula de porcellana les mateixes quantitats de sofre i de ferro i l'escalfem, observarem que es forma una substància diferent de les anteriors. (2 imàgenes de capsula de porcelana que mostren la mescla antes y después (p. 89).*

Esta primera exploración nos da cuenta de dependiendo del contenido el modelo de ciencia varía entre dogmático o problemático. Marcamos estas diferencias para dar cuenta de que hay momentos para cada contenido.

Contenido	Códigos de la red																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
a. Sustancias	*							*	*				*		*	*	*		7
b. Elementos			*					*	*				*	*	*	*	*	*	9
c. Compuestos	*							*	*					*	*	*	*	*	8
d. Cambios -reactivos y productos - las condiciones en que se realiza un cambio químico			*					*	*				*	*	*	*	*	*	9
Total	2	0	2	0	0	0	0	4	4	0	0	0	3	3	3	4	3	2	

Tabla 4.1. Marcadores previos

Este ejercicio nos plantea tomar nuevos criterios de análisis. Estos criterios responden a establecer relaciones con el apartado de las explicaciones que otorgan los libros a los fenómenos en *pos de* encontrar las entidades protagonistas. Según lo señalado en líneas superiores, en lo referido al lenguaje, son los 'hechos' los que nos interesan; así, ajustamos los marcadores sólo al carácter factual. Este ajuste nos proporcionará una visión general de los textos escolares de química seleccionados, otorgándonos resultados frente a:

- las diferencias entre cada libro relativo a hechos y recursos.
- Los hechos que más abundan para dar cuenta sobre el cambio químico en los libros textos seleccionados.
- Los recursos más usados para dar cuenta sobre el cambio químico en los libros de textos seleccionados.

Nuevos criterios de búsqueda	Categorías	Código	Descripción
Relación entre hechos y los recursos	<i>real</i>	1	Corresponde un fenómeno del mundo, al alcance de todos y por todos
	<i>simbólico</i>	2	Corresponde a los fenómenos presentados mediante el lenguaje de los signos, las fórmulas, los números, los dibujos.
	<i>de laboratorio</i>	3	Corresponde a aquellos fenómenos que están dispuestos sólo al alcance en un laboratorio, reactivos y materiales específicos.
	<i>definiciones</i>	4	Fijar con claridad, exactitud y precisión la significación de una palabra o la naturaleza de una persona o cosa
	<i>ejemplos</i>	5	Hecho, texto o que se cita para comprobar, ilustrar o autorizar un aserto.
	<i>descripciones</i>	6	Corresponde a enumerar cualidades, propiedades, características, etc., del objeto o del fenómeno que se describe.
	<i>argumentaciones</i>	7	Corresponde a las relaciones que se establecen entre los fenómenos.

Tabla 4.2. Marcadores definitivos

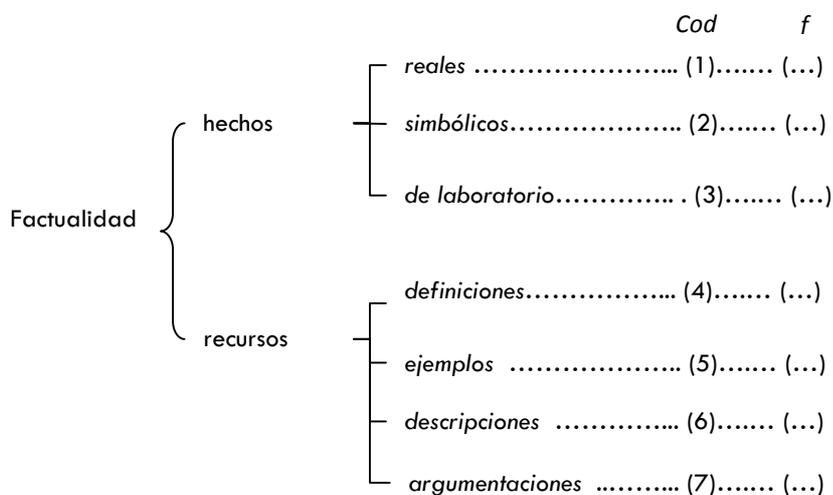


Figura 4.1. Red ajustada

4.1.2 FASE II. Tratamiento de los datos

La revisión de cada texto se acompañará de una viñeta proveniente del mismo; a partir de aquí junto la red ajustada de factualidad, emerge la discusión. Al final se presentan los resultados.

Libro 1: Ciències Naturalesa, Química 3 ESO, Ed Edebé, 1995

INDICE. Este libro está organizado en seis unidades: 1) Estructura de la materia (pág. 6-27); 2) Substancias química (pág. 28-47); 3) Cálculos químicos (pág. 48-65); 4) Reacciones químicas (pág. 66-87); 5) Energía de las reacciones químicas (pág. 88-101) y 6) El

carbono y sus compuestos (pág. 102-120). De estas unidades nos interesa la Unidad Cuatro. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno ha: 'concepto' de reacción química y ecuación química. Ajuste y significado. Reacciones químicas. Tipos. Procesos del entorno. Reacciones químicas relacionadas con los procesos vitales e industria. Reestructuración de enlaces. Uso de las disoluciones en las reacciones químicas. Acides y basicidad de las soluciones acuosas. El pH y su medida. Ácidos y bases de interés comercial. Ácido sulfúrico. Metalurgia: metales, materiales de construcción utilizados en diferentes épocas y en la actualidad. De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 67-70. Los títulos versan sobre: a) Reacción química; b) Qué es una reacción química y c) Componentes de una reacción química.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Imagen de una laboratorista junto a sus 'instrumentos'
- b) Un 'hecho' histórico para 'ambientar' aunque sólo se emplea para comenzar la unidad.

<h4>Hechos y recursos en L1</h4>

- Fer **reaccions químiques** no és cap novetat per al gènere humà. Probablement, la primera a fer-se va ser la **combustió**. (pág, 67). **1**.
- canvis els acostumem a classificar en dos grups: **els fenòmens físics** i **els fenòmens químics**. (pág. 68). **2**.
- Es mesclen en un tub d'assaig una mica d'aigua i una mica **d'alcohol o etanol, C₂H₅OH**. A continuació s'agita la mescla. Hi observes res d'especial? (pág. 68). **3**.
- Es posa una mica **d'alcohol** en una **capsula de porcellana**. A continuació, amb precaució, s'hi aplica un llumí encès. Que succeeix?. (pág. 68). **4**.
- Els **fenòmens físics** són els canvis o transformacions en que les substancies no canvien la pròpia naturalesa. (pág. 68). **5**.
- Els **fenòmens químics** són les transformacions en que les substancies perden la naturalesa pròpia per convertir-se en unes altres de diferents. (pág. 68). **6**.
- Podem recuperar **l'alcohol** i l'aigua de la mescla obtinguda? Si és possible, tria, d'entre els procediments següents, el més adequat: decantació, filtració o destil·lació. (pág. 68). **7**.
- La mescla **d'alcohol** i aigua, és un fenomen físic o químic?. (pág. 68). **8**.
- En el segon assaig **l'alcohol** s'ha cremat en presencia de l'oxigen de l'aire i ha donat lloc a dos gasos: diòxid de carboni i aigua. (pág. 69). **9**.
- Una **reacció química** és un procés en que unes substancies inicials es transformen en unes altres de diferents. (pág. 69). **10**.

- Representació, mitjançant **models moleculars**, de la reacció de formació del clorur d'hidrogen (àcid clorhídric). (pág. 69).**11**.
- En tota reacció química distingim els reactius i els productes. **Reactius**: són les substàncies que inicien la reacció química. **Productes**: són les substàncies finals que s'obtenen en una reacció. (pág. 69).**12**.
- Deixem caure amb molta cura unes quantes gotes d'**àcid clorhídric** sobre una mica de **bicarbonat de sodi, NaHCO₃**. Obtenim **clorur de sodi, diòxid de carboni** i aigua (fig. 3). (pág. 70).**13**.

Páginas del texto en las que	Hecho			Recurso				Total
	Real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L1, pp. 67-70	1	1, 11	3, 4, 7, 8, 9, 13	5, 6, 11, 10, 12	2, 4, 13	∅	∅	17
%	5,88	11,76	35,29	29,41	17, 64	∅	∅	-

Tabla 4.3. Registro del énfasis encontradas en el libro L1.

La distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L1 e ilustrados en la tabla 4.3, se puede observar un énfasis en los 'hechos de laboratorio'. La unidad inicia con imágenes de instrumental de laboratorio (capsula de porcelana y tubos de ensayo) y de una mujer trabajando con muestras en tubos de ensayo. Podríamos adelantar que la actividad química se hace en el laboratorio. Por otro lado, continua desde hecho real cuyo objeto es de interés social refiriéndose a las aventuras de químico alemán *Christian Frederich Schönbein* sobre el 'descubrimiento accidental' de la nitrocelulosa en 1845, a partir de aquí la narración se vincula al tratamiento de la combustión por parte del ser humano como 'reacción química'. El hecho se queda en la página 67 y no es vuelto a considerar. Desde aquí los acontecimientos se basan en ejemplos de laboratorio para comprobar e ilustrar la diferencia entre cambio físico y químico [cód. 3, 4, 7, 8, 9, 12 y figura 4.1]. La combustión del alcohol puede ser un hecho real de interés común aunque al abordarlo como símbolo C₂H₅OH (etanol) pasa a ser un hecho de laboratorio. Los objetivos de aprendizaje guardan relación con:

- Enumerar las características de una 'transformación química'
- Identificar los reactivos y los productos que intervienen en una reacción química.
- Representar reacciones químicas mediante *ecuaciones químicas*.

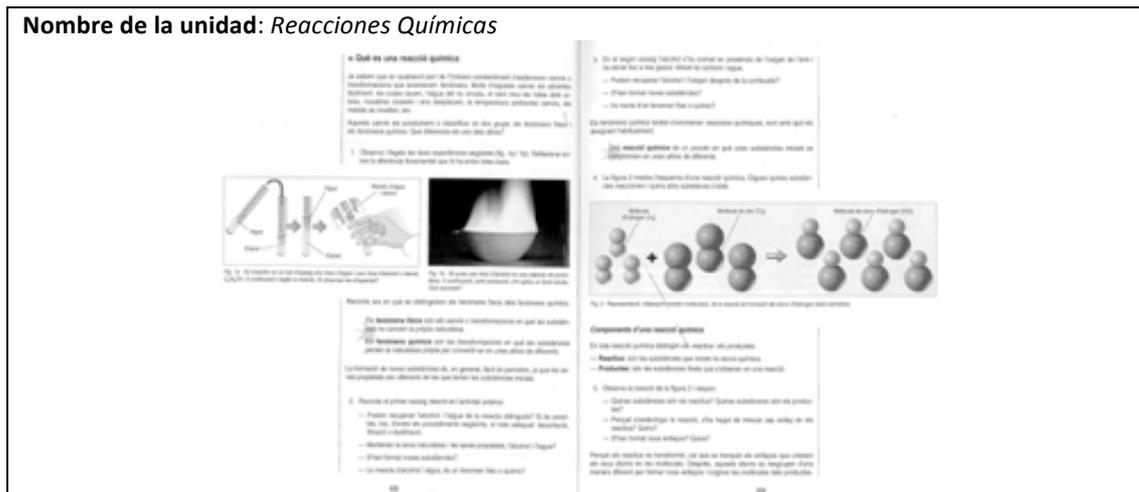


Figura 4.2. Viñeta del libro L1.

El objeto del mundo es el alcohol que en el libro es tratado como un hecho simbólico (transformado al mundo de la química, etanol) y de laboratorio, sometido a pruebas para dar cuenta de sus transformaciones y este proceso se describe como ‘reacciones’. La reacción es ilustrada con otros hechos de laboratorio [cód. 13] y simbólico [cód. 11].

Libro 2: Ciències de la naturalesa, La matèria i el canvi químic, Credit 2, ESO, Ed. McGrawHill, 1996

INDICE. Este libro está organizado en cinco unidades: 1) Los elementos químicos (pág. 6-23); 2) Sustancias y compuestos (pág. 34-45); 3) Estados de la materia (pág. 46-63); 4) Disoluciones (pág. 64-81) y 5) El cambio químico (pág. 82-101). De estas unidades nos interesa la Unidad Cinco. Los hechos, conceptos y sistemas, giran en torno a: Ecuación química. Algunas reacciones. Leyes ponderales y estequiometría. Cambio químico y energía. Combustibles fósiles, Hidrocarburos. La industria química y el medio ambiente. De aquí nos interesan los hechos y recursos presentes entre las páginas 82-85. Los títulos versan sobre: a) El cambio químico; b) Ecuación química; c) Algunas reacciones químicas.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Presenta un esquema con los conceptos involucrados, pero no se establece qué relación hay entre las entidades. La secuencia es: →estequiometría→ecuación química← cambio químico ↔ transformación de la materia.
- b) Fenómeno introductorio, fotografía de la reacción entre permanganato de potasio y glicerina.

Hechos y recursos en L2

- Quan es **crema l'hidrogen**, és a dir, quan es combina amb oxigen, s'obtenen molècules d'aigua. Això s'indica així: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ (pág 83). **1.**

- En un **vidre de rellotge**, o en un platet de cafè, posa-hi una mica de **bicarbonat**, del que prendries si tinguessis acidesa estomacal, el nom químic del qual és **hidrogen carbonat de sodi** Tira-li unes gotes de **vinagre**. Observa que ocorre i descriu-ho. (pág. 83). **2.**
- Quan es tira un tros de granalla de **zinc** en un **tub d'assaig** en el qual hi ha **àcid sulfúric** diluït 1: 1, s'observarà que es desprenen unes bombolles de gas, que el **zinc** es mou constantment i que després d'uns minuts potser haurà desaparegut.(pág. 83). **3.**
- L'equació química és l'expressió, per mitja de **les fórmules** corresponents, de una reacció o transformació química. $H_2SO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + H_2$ (pág. 84). **4.**
- Cal remarcar que ha l'haver-hi el mateix **nombre d'àtoms** de cada element a un i altre membre de l'equació química, en la qual la fletxa és indicativa d'aquesta igualtat. Del fet d'aconseguir-ho, se'n diu ajustar **l'equació química**. En l'exemple anterior **l'equació ja és ajustada**. (pág. 84). **5.**
- En un canvi químic es produeix una **transformació de la matèria** i té lloc un **bescanvi d'energia**.(pág. 85). **6.**
- Les **reaccions químiques** en que s'obté un **compost** a partir dels **elements** que el constitueixen es coneixen com a reaccions de síntesi. **Per exemple**, la síntesi de l'amoníac a partir del **nitrogen** i l' **hidrogen**. $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (pág. 85). **7.**
- Hi ha les reaccions de **descomposició**, com la pedra calcària, per exemple, que es descompon per acció de la calor en **òxid de calci**, que s'anomena **calç viva**, i **diòxid de carboni**. $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ (pág. 85).**8.**
- L'aigua de l'aixeta és aigua potable, però no és aigua destil·lada; té en dissolució **clorurs, hidrogen carbonats**, etc., principalment de **calci i de magnesi**. (pág. 85). **9.**

Páginas del texto en las que	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L2, pp. 83-85	2, 8, 9	4, 7, 7	1, 2, 3, 7, 8	4, 6	1, 3, 5, 7, 8, 9	5, 7		21
%	14,28	14,28	23,80	9,52	28,57	9,52	∅	-

Tabla 4.4. Registro del énfasis encontradas en el libro L2.

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L2 e ilustrados en la tabla 4.4, se puede observar un énfasis en los 'hechos de laboratorio' [cód. 1, 2, 3, 7 y 8] y como recursos el 'ejemplo' [1, 3, 5, 7, 8, 9] para autorizar los asertos En este texto los fenómenos pertenecen a la actividad desarrollada en el laboratorio. Los reactivos se consideran como materiales. Es una química que se recrea a través de componentes presentes en el laboratorio. El cambio químico se refleja en la ecuación química.

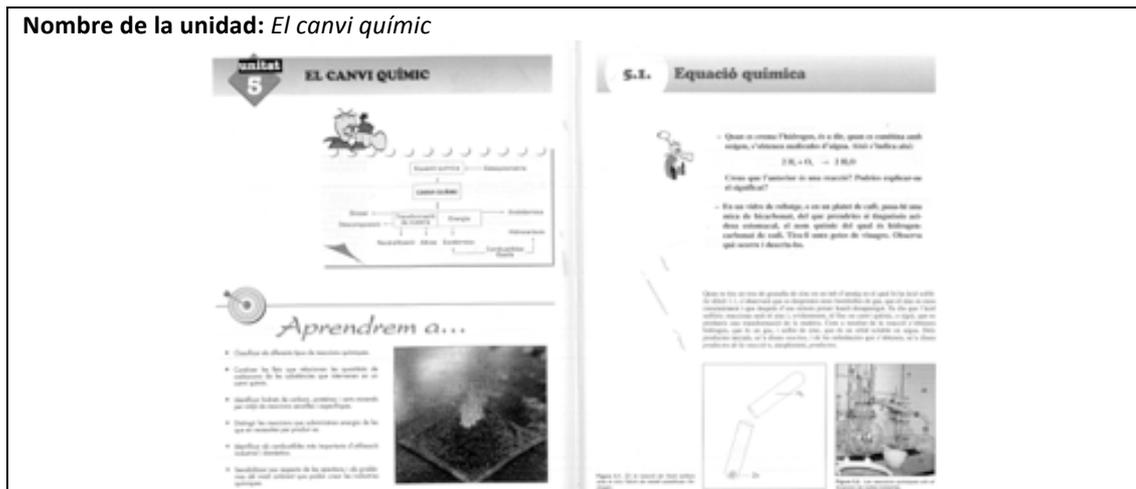


Figura 4.3. Viñeta del libro L2.

Los objetivos de aprendizaje guardan relación con:

- Clasificar los diferentes tipos de reacciones químicas.
- Conocer las leyes que relacionan las cantidades de cada una de las sustancias que intervienen en un cambio químico.

Libro 3: Ciències de la naturalesa, 2 ESO, Ed Barcanova. Crèdit Comú. 1995

INDICE. Este libro está organizado en seis unidades: 1) La clasificación de la materia (pág. 10-23); 2) La materia está formada por partículas (pág. 24-37); 3) La unión de los átomos (pág. 38-51); 4) El lenguaje químico, una necesidad (pág. 52-65); 5) Reacciones químicas (pág. 66-83); 6) Materiales de nuestro entorno (pág. 84-103). De estas unidades nos interesa la Unidad Cinco. Los hechos, conceptos y sistemas, giran en torno a: El cambio químico. Cambio químicos en los que participa el oxígeno. La fermentación. Los ácidos y los álcalis. Ecuaciones químicas para escribir las reacciones químicas. De aquí nos interesan los hechos y recursos presentes entre las páginas 66-71. Los títulos versan sobre: a) El cambio químico; b) Cambios en que participa el oxígeno; c) El oxígeno es un gas que forma parte del aire; d) La oxidación de los metales; e) La combustión.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Se propone una evaluación inicial sobre las diferencias entre fenómenos. Escribir formulas de algunos gases.
- b) Fenómeno introductorio un **incendio** en una colina cerca de un pueblo.

Hechos y recursos en L3

- La **respiració** dels animals i les plantes, la digestió deis aliments, la **funció clorofil·lica** dels vegetals, etc., són canvis químics que tenen lloc en els éssers vius (pág. 68). **1.**
- Els **éssers humans** utilitzem també les **reaccions químiques** per transformar els materials i les substàncies, naturals o no, i obtenir-ne uns altres materials i unes altres substàncies (pág. 68). **2.**

- Recordeu que, a diferència dels **canvis físics** -que **no modifiquen** la composició interna de la matèria, els **canvis químics sí** que la **modifiquen**.(pág. 68). **3.**
- Per exemple, quan es **rovella, el clau de ferro** es forma **òxid de ferro**, i l'òxid de ferro és una substància diferent del **ferro**. (pág. 68). **4.**
- Normalment, en una reacció química intervé l'energia, ja que la reacció pot **desprendre energia** o en pot necessitar (pág. 68). **5.**
- Per exemple, l'**ou** es transforma quan posem la **paella al foc**, i aquest fet indica que aquesta **reacció és endotèrmica** (pág. 68). **6.**
- No sempre és la **calor** allò que intervé en una reacció, ja que de vegades ho fan d'altres **tipus d'energia**, com ara l'energia **lluminosa o l'elèctrica**. La llum solar, per exemple, provoca una reacció a la **nostra pell** que produeix un pigment, la **melanina**, que l'emmoreneix. (pág. 68). **7.**
- Molts **metalls**, quan s'escalfen en **presència de l'aire**, es transformen en una **altra substància**. Per exemple, si escalfem **coure**, es torna **negre**. (pág. 69). **8.**
- Una altra reacció d'aquest tipus és la que s'esdevé en les **fruites o verdures** que **s'enfosqueixen** després de pelar-les o tallar-les, fet que indica que alguna substància d'aquests aliments **reacciona amb l'oxigen** de l'aire. (pág. 69). **9.**
- Quan una substància reacciona amb l'**oxigen** diem que **s'oxida**, i aquesta reacció rep el nom de **reacció d'oxidació** (pág. 69). **10.**
- Algunes d'aquestes reaccions poden tenir una aplicació practica. Per exemple, la **policia** utilitza **alcoholímetres** per comprovar la **taxa d'alcohol** present en la sang. (pág. 69). **11.**
- L'oxigen és molt reactiu, raó per la qual reacciona amb moltes substàncies produint els òxids.(pág. 69). **12.**
- El **rovell** no és altra cosa que l'**òxid de ferro** que es produeix quan el ferro **reacciona amb l'oxigen** de l'aire. (pág. 69) **13.**
- El **coure i el ferro**, com la majoria dels metalls, **s'oxiden**, i si comprovéssim la **massa** de cada metall **abans i després d'oxidar-se**, observariem que ha **augmentat** per la **incorporació de l'oxigen** de l'aire en formar-se l'**òxid**. (pág. 69) **14.**
- Quan l'**oxidació és rapida**, la reacció química s'anomena **combustió** (pág. 70). **15.**
- Les substàncies que **cremen** es diuen **combustibles**, i la transformació que té lloc en una combustió no és una simple vaporització (que seria un canvi físic), sinó que hi **apareixen substàncies noves**, generalment gasos. (pág. 70). **16.**

- **Són combustibles, entre altres, la fusta, el paper, el carbó, el gas natural o la gasolina. (pág. 70). 17.**

Libros, y página donde situamos	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L3, pp. 68-70	1, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 17			3, 10	1, 2, 4, 7, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17	5, 7, 13, 14, 16	14	28
%	32,14	∅	∅	7,14	39,28	17,85	3,57	--

Tabla 4.5. Registro del énfasis encontradas en el libro L3.

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L3 e ilustrados en la tabla 4.5, se puede observar un énfasis en los ‘hechos reales’ de interés cotidiano, al igual que el recurso por excelencia es el ejemplo para ilustrar o autorizar. En el texto abundan fenómenos: la oxidación de los metales, la bombilla de un flash, la combustión del butano en la cocina, las fermentaciones; y en la narración cada, uno de ellos está conectado. Presenta el cambio en todo aquello que nos rodea. El énfasis está en identificar el cambio en las cosas cotidianas, sin emplear símbolos o recurrir al átomo para profundizar en aspectos teóricos.

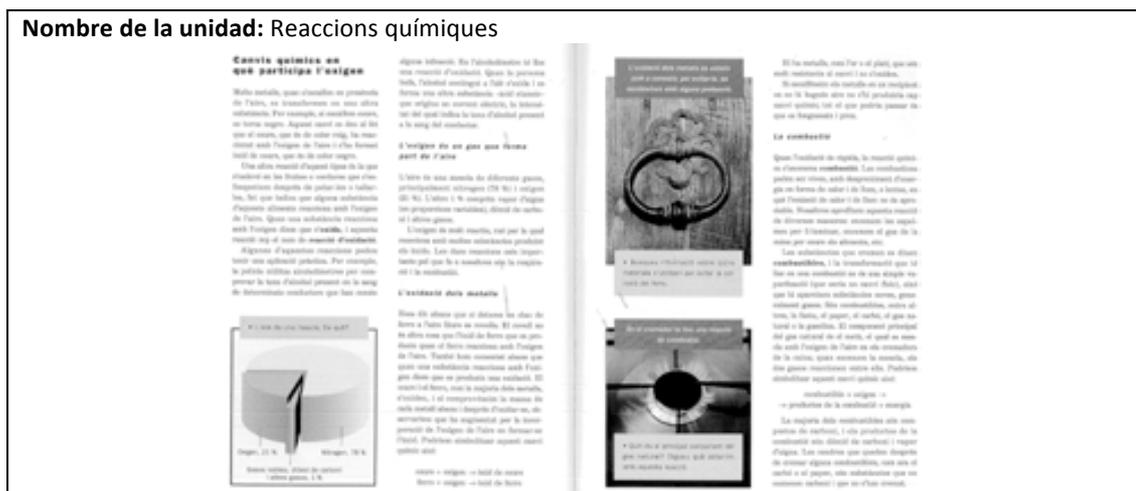


Figura 4.4. Viñeta del libro L3

Libro 4: Estructura de la matèria, 2 ESO, Ed. Barcanova. Crèdit Variable. 1995

INDICE. Este libro está organizado en seis unidades: 1) Los materiales sólidos son muy diversos (pág. 12-31); 2) La materia se mueve por dentro (pág. 32-49); 3) Propiedades y estructura de la materia (pág. 50-69); 4) Cálculos químicos (pág. 70-85); 5) Los ácidos y los álcalis (pág. 86- 103); y 6) Los combustibles (pág.104- 123). De estas unidades nos interesa la Unidad Cuatro. Los hechos, conceptos y sistemas, giran en torno a: La masa de los átomos y las moléculas. El mol. Las disoluciones. Las reacciones químicas. La ley de conservación de masas. Diferentes tipos de reacciones químicas. De aquí nos interesan los recursos presentes en entre las páginas 76-79. Los títulos versan sobre: a) Las reacciones químicas, b) Ley de conservación de la masa.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- Se propone una evaluación inicial sobre: Formulación de compuestos. Diferencias entre cambio químico y físico. Escribir ecuaciones químicas. Afirmar situaciones.
- Fotograma inicial con un laboratorista (hombre, bata blanca, gafas) manipulando instrumental de laboratorio.

Hechos y recursos en L4

- La diferencia **dels canvis físics** -que no modifiquen **l'estructura interna** de la matèria -, els **canvis químics** sí que la modifiquen. (pág. 76). **1.**
- Diem que s'ha produït una **reacció química** quan, a partir d'una o més **substancies**, se n'obtenen una o més de noves amb **propietats** diferents. (pág. 76). **2.**
- En una **reacció química**, les substancies que inicialment reaccionen s'anomenen **reactius** i les substancies que s'obtenen són els **productes**. (pág. 76). **3.**
- Una **equació química** ens diu quines substancies reaccionen i quines substancies es formen a més de la **quantitat**. (pág. 76). **4.**
- Per exemple, quan el metà es **crema**, reacciona amb **l'oxigen** (reacció de combustió del metà) i es produeixen **diòxid de carboni i aigua**. (pág. 76). **5.**
- Fixeu-vos que el nombre d'àtoms d'**hidrogen**, de **carboni** i **l'oxigen** és el mateix abans i després de la reacció. (pág. 77). **6.**
- 1 molècula de **metà** reacciona amb 2 molècules d'**oxigen** per donar 1 molècula de **diòxid de carboni** i 2 molècules d'**aigua**. (pág. 77). **7.**
- Una **equació química** ens indica, d'una banda, quines substancies reaccionen (en el nostre exemple, **metà i oxigen**) i quines s'obtenen (en l'exemple, **diòxid de carboni i aigua**). (pág. 78). **8.**
- Si partíssim de 32 g de **metà**, necessitaríem 128 g d'**oxigen** per obtenir 88 g de **diòxid de carboni** i 72 g d'aigua. Qualsevol altra proporció no es compliria. (pág. 78). **9.**
- En una **reacció química**, la massa dels reactius que desapareixen és igual a la massa dels **productes** que es formen. (pág. 79). **10.**
- Aquest fenomen és el que s'anomena **lleis de conservació de la massa**. La va enunciar el químic francès Antoine Lavoisier. (pág. 79). **11.**

Libros, y página donde situamos	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L4, pp. 76-79		6, 7,8, 9		1,2, 3, 11	5, 8, 9	4		12
%	∅	33,33	∅	33,33	25	8,33	∅	--

Tabla 4.6. Registro del énfasis encontradas en el libro L4.

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L4 e ilustrados en la tabla 4.6, se puede observar un énfasis en los ‘hechos simbólicos’ apoyados en las definiciones. En el texto, en el cual abundan las ecuaciones, las actividades principalmente se refieren al balance de ecuaciones y la clasificación de reacciones.

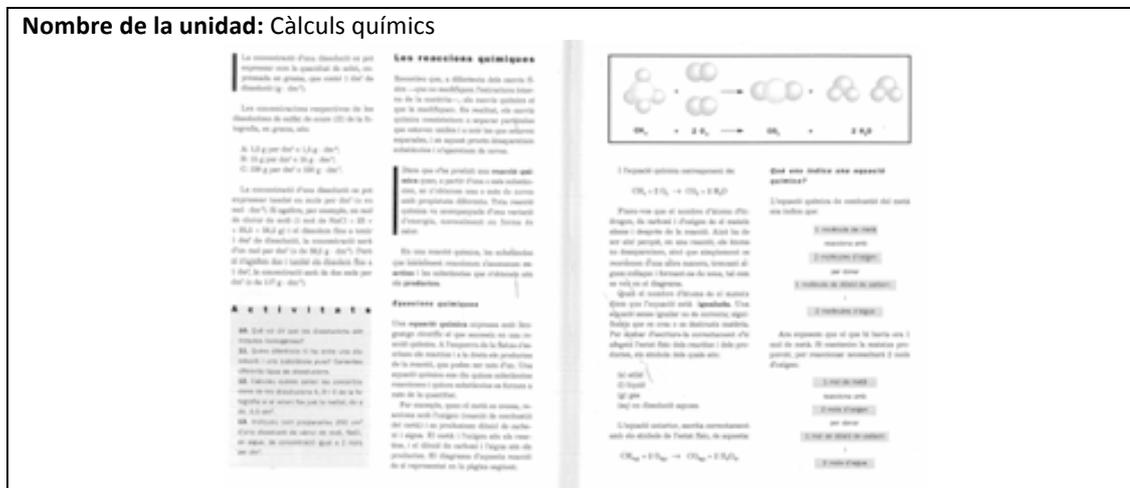


Figura 4.5. Viñeta del libro L4.

L5: QUIMICA, 2 ESO, Ed. Baula, 1995

INDICE. Este libro está organizado en tres apartados con cinco unidades cada apartado: I) Propiedades y estructuración de los materiales (pág. 6-78); II) Los cambios químicos (pág. 82-150); III) La química en acción (pág. 154-222). De estos bloques nos interesa el Segundo. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno a: Los cambios químicos. La naturaleza eléctrica de los materiales. Modelo de átomo y enlace. La tabla periódica. Cómo funciona el modelo de átomo y enlace. De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 89-90. Los títulos versan sobre: a) Los cambios químicos, b) La representación de los cambios químicos, c) Los reactivos y los productos, d) Las condiciones en que se realiza un cambio químico.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Se presentan diversas imágenes que contienen hechos de laboratorio, reales y simbólicos.
- b) En el inicio de la unidad temática el fenómeno de partida son los **fuegos artificiales**, que no se vuelven a mencionar en el resto de la unidad.

Hechos y recursos en L5

- Quan posem damunt d'un **paper de filtre** 2 g de pols de **ferro** i 1 g de **sofre** i els barregem, es forma simplement una **mescla**. (pág. 89). **1.**
- Una manera simple de **representar els canvis** que tenen lloc durant una reacció química, és fer-ho en **forma d'equació química**, amb els noms dels reactius i dels productes. Ferro + oxigen → òxid de ferro (III) (rovell) (pág. 89). **2.**

- El signe + entre els reactius significa «**reacciona amb**» i la fletxa vol dir «**per produir**». (pág. 89). **3.**
- En la reacció de combustió del **ferro**, entre els reactius hi ha un **àtom de ferro** i una **molècula d'oxigen** formada per les àtoms. En canvi, com a producte de la reacció s'ha format l'**òxid de ferro (III)** que té dos àtoms de ferro per cada tres d'oxigen. (pág. 89). **4.**
- Una altra forma de dir **canvi químic** és utilitzar el terme **reacció química**. (pág. 90). **5.**
- Qualsevol substància que es consumeix és un **reactiu** i qualsevol substància que es produeix rep el nom de **producte**. (pág. 90). **6.**
- El **fòsfor** i l'**oxigen** presents a l'erlenmeyer han reaccionat per formar una nova substància, l'**òxid de fòsfor (V)**, un sòlid blanc. El fòsfor i l'oxigen són els **reactius**, mentre que l'**òxid de fòsfor (V)** és el **producte** de la **reacció química**. (pág. 91). **7.**
- Un **canvi químic** es produeix en unes **condicions** determinades. En la indústria química **s'estudia el comportament** de les substàncies i es busquen les millors condicions de fer-les reaccionar per obtenir-ne en gran **quantitat**. (pág. 93). **8.**
- Per exemple, el **nitrogen** es fa reaccionar amb l'**hidrogen** per formar un nou gas, anomenat **amoníac**. (pág. 93). **9.**
- El **ferro** ajuda a la reacció i s'anomena **catalitzador**. (pág. 93). **10.**
- En el cas de la reacció del **nitrogen** amb l'**hidrogen**, a continuació s'indica tot allò que es necessita per fer-los **reaccionar**. Són les anomenades condicions de la reacció: temperatura: 450 °C, pressió: 200 atm, catalitzador: ferro. (pág. 93). **11.**

Libros, y página donde situamos	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L5, pp. 89-93	4	2, 3,4	4, 7, 9, 10, 11	3, 5, 6	1, 2, 7, 9, 10, 11.	4, 8		20
%	1,00	15,00	25,00	15,00	30,00	10,00	∅	--

Tabla 4.7. Registro del énfasis encontradas en el libro L5

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L5 e ilustrados en la tabla 4.7, se puede observar un énfasis en los hechos de laboratorio y como recurso, los ejemplos. También el fenómeno (hierro) se aborda desde los tres tipos de hecho, reales (herrumbre), simbólicos (reacciones, $Fe_{(s)} + O_2 \rightarrow Fe_2O_{3(s)}$) y de laboratorios (zinc y hierro en capsula de porcelana). Las definiciones, ejemplos y descripciones completan el recorrido introductorio: elemento, compuesto y mezcla y posterior interacción.

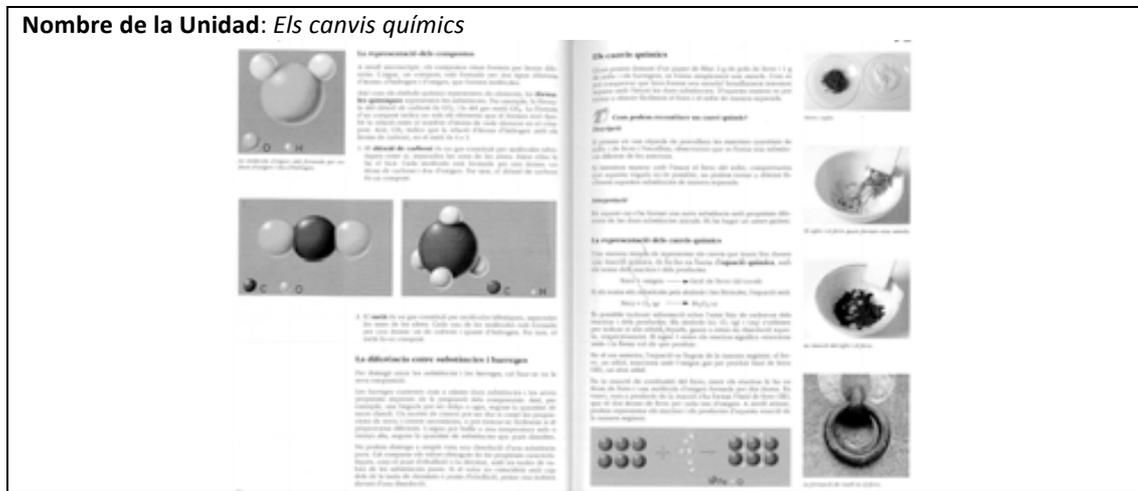


Figura 4.6. Viñeta del libro L5

Libro 6: Física i Química, Ciències de la naturalesa, 1ESO, Ed. La Galera, 2002.

INDICE. Este libro está organizado en cinco unidades: 1) La materia por fuera (pág. 10-33); 2) La materia por dentro (pág. 34-52); 3) La composición de la materia (pág. 53-81); 4) Transformaciones de la materia (pág. 82-128) y 5) Actividades de recapitulación. De estas unidades nos interesa la Unidad Cuatro. Los hechos, conceptos y sistemas, giran en torno a: Identificación y clasificación de procesos físicos y químicos. Planificación de experimentos sencillos para separar mezclas. Selección de procedimientos más adecuados para separar mezclas. [...] De aquí nos interesan los hechos y recursos presentes entre las páginas 90-91. Los títulos versan sobre: a) Las reacciones químicas; b) Las reacciones que nos rodean; c) Las reacciones con oxígeno; d) Las reacciones de los ácidos.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) En L6 se ilustra los efectos del oxígeno en los tanques de **hierro**, aunque se trata el fenómeno como ejemplo para ilustrar, más que para explicar.

Hechos y recursos en L6

- La **respiració i la digestió** són les reaccions gràcies a les quals les cèl·lules del nostre cas s'abasten **d'energia i de matèria**. (pág. 90). **1.**
- Les **reaccions químiques** són responsables que les plantes puguin captar **l'energia del Sol**, però ho són també de la destrucció de la capa d'ozó i del **rovell de ferro**. (pág. 90). **2.**

- **L'oxigen** és un element molt reactiu. Això vol dir que té una gran **capacitat de combinar-se** amb altres substàncies. Un tipus de reaccions amb l'oxigen molt conegudes són les **combustions**.(pág. 90). **3.**
- Un exemple de **combustió** podria ser la del **metà** (CH₄), un dels components principals del gas natural.(pág. 90). **4.**
- La **respiració és també una combustió**. Per respirar inspirem l'oxigen de l'aire i expirem **diòxid de carboni i vapor d'aigua**. (pág. 90). **5.**
- Quan alguns **metalls** com el ferro es **combinen amb l'oxigen** té lloc una oxidació. Diem també que es **rovella**. (pág. 90). **6.**
- Els **àcids** són unes substàncies de sabor picant, presents, per exemple, en el **vinagre** (àcid acètic) en el **suc de llimona** (àcid cítric i àcid ascòrbic), en l'**aspirina** (àcid acetilsalicílic), en el **salfumant** (àcid clorhídric)... (pág. 91). **7.**
- Quan afegim unes gotes d'una **dissolució àcida** (vinagre, suc de llimona...) damunt de **bicarbonat de sodi**, la reacció que té lloc en aquest cas comporta l'**alliberament de diòxid de carboni** (CO₂) (pág. 91). **8.**
- Durant la **digestió**, l'estómac segrega **àcid clorhídric**. El **bicarbonat** té un cert comportament químic **oposat als àcids**. Por això és utilitzat per **neutralitzar** els seus efectes i alleugerir les digestions "pesants" o l'acidesa d'estomac". (pág. 91). **9.**

Libros, y página donde situamos	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L6, pp. 90-91	2, 5, 6, 7, 8, 9	3, 4			1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 8		18
%	33,33	11,11	∅	∅	44,44	11,11	∅	--

Tabla 4.8. Registro del énfasis encontradas en el libro L6

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L6 e ilustrados en la tabla 4.8, se puede observar un énfasis en los hechos reales y el recurso que forma es el ejemplo. Fenómenos reales (manzanas), simbólicos (representaciones moleculares y reacciones) forman parte de los hechos a los que recurre el autor para dar a conocer el cambio químico.

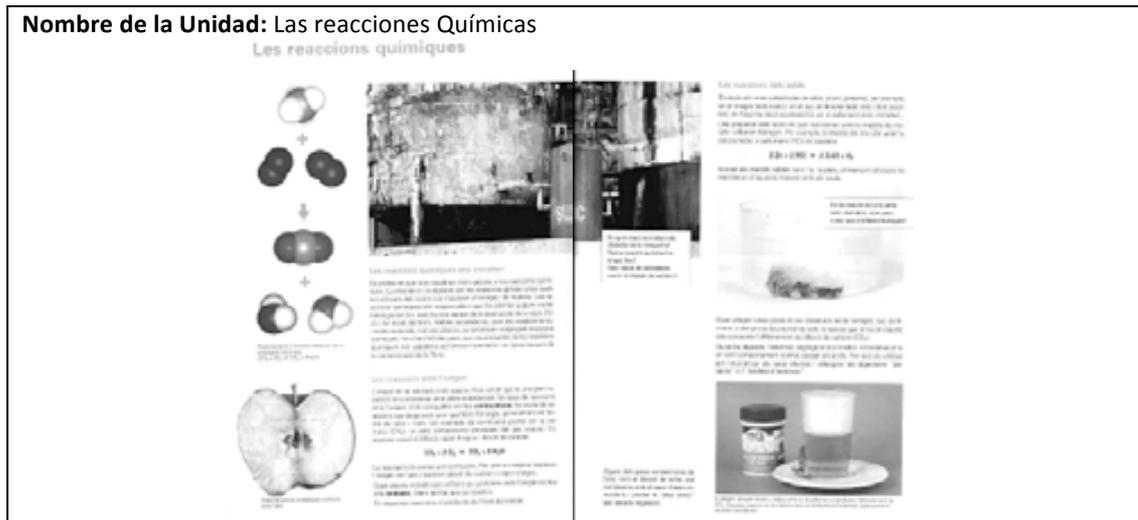


Figura 4.7. Viñeta del libro L6

Libro 7: Física i Química, Ciències de la Naturalesa, 3 ESO, Ed. Teide, 2007.

INDICE. Este libro está organizado en doce unidades: 1) La física y la química, ciencias experimentales (pág. 10-22); 2) Sustancias y materiales (pág. 24-36); 3) Partículas en movimiento (pág. 38-50); 4) Mezclas, soluciones y dispersiones (pág. 52- 66); 5) Separación de sustancias (pág. 68-80); 6) Descomposición y síntesis (pág. 82-94); 7) Átomos, moléculas y iones (pág. 96-112); 8) el interior del átomo y el enlace químico (pág. 114-130); 9) Reacciones químicas (pág. 132- 152); 10) ¿Qué es la electricidad? (pág. 154- 166); 11) Corriente eléctrica y magnetismo (pág. 168- 189); 12) Energía, producción y transporte (pág. 192-210). De estas unidades nos interesa la Unidad Nueve. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno ha: Interpretación atómico-molecular de las reacciones químicas. Ecuaciones químicas. Cambios de energía y enlaces químicos. Velocidad de reacción. Interpretación de la velocidad de reacción, un modelo para la reacción química. Reacciones de precipitación [...].De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 134-136. Los títulos versan sobre: a) Interpretación atómico-molecular de las reacciones químicas; b) Ecuaciones químicas; c) Igualación de una ecuación química.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- Se inicia invitando la exploración de ideas realizando un ejercicio de imaginación sobre la formación de agua a nivel molecular.
- Se incluye una ejemplificación desde una visión atómico-molecular donde dos sustancias simples, **oxígeno e hidrógeno** forman agua.

Hechos y recursos en L7

- Les **reccions químiques** s'interpreten com una conseqüència de **la recombinació dels àtoms** que formen les substàncies dels reactius. (pág. 134).1.

- Per exemple, la **reacció** de formació d'aigua a partir d'hidrogen i oxigen implica la **ruptura** de las molècules diatòmiques d'hidrogen i oxigen. (pág. 134).**2.**
- La **calor** del llumí fa que les **molècules es moguin** més de pressa i topin entre si. En topar, algunes es trenquen i es formen molècules d'aigua.(pág. 134).**3.**
- Aquestes **diagrames**, que reben el nom de diagrames multimoleculares de la mescla reaccionat, mostren com varia amb el temps una **mostra microscòpica** de la mescla reaccionant. (pág. 134). **4.**
- **Les reaccions químiques** es poden representar escrivint els noms dels reactius a l'esquerra i els noms dels productes a la dreta, separats per una fletxa. Per exemple: **hidrogen (g) + oxigen (g) → aigua (s).** (pág. 135). **5.**
- Les **fórmules químiques** de les substàncies que hi intervenen. Això permet apreciar a escala atòmica que, malgrat que en una reacció química canvien les substàncies, **els elements (àtoms) es conserven.** (pág. 135). **6.**
- Per exemple, en la reacció de la formació d'aigua, les molècules de **l'hidrogen** reaccionen amb les **molècules d'oxigen** en la proporció de 2 a 1 i obtenen tantes **molècules d'aigua** com les d'hidrogen que han reaccionat. Aquesta informació també es pot deduir del **diagrama molecular** de la reacció. (pág. 135).**7.**
- La **reacció química** també es pot representar a escala molecular mitjançant els **diagrames moleculars** que mostren el mínim nombre de molècules necessàries per indicar la proporció entre les que reaccionen i les que es formen. (pág. 135).**8.**

Libros, y página donde situamos	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L7, pp. 134-136		2,3,4, 5, 7, 8		5, 6	2,4,7, 8	1		13
%	∅	46,15	∅	15,38	30, 76	7, 69	∅	--

Tabla 4.9. Registro del énfasis encontradas en el libro L7

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L7 e ilustrados en la tabla 4.9, se puede apreciar un énfasis en los ejemplos y en hechos simbólicos. La reconstrucción del cambio químico es a base de la interpretación atómico-molecular de las reacciones químicas.

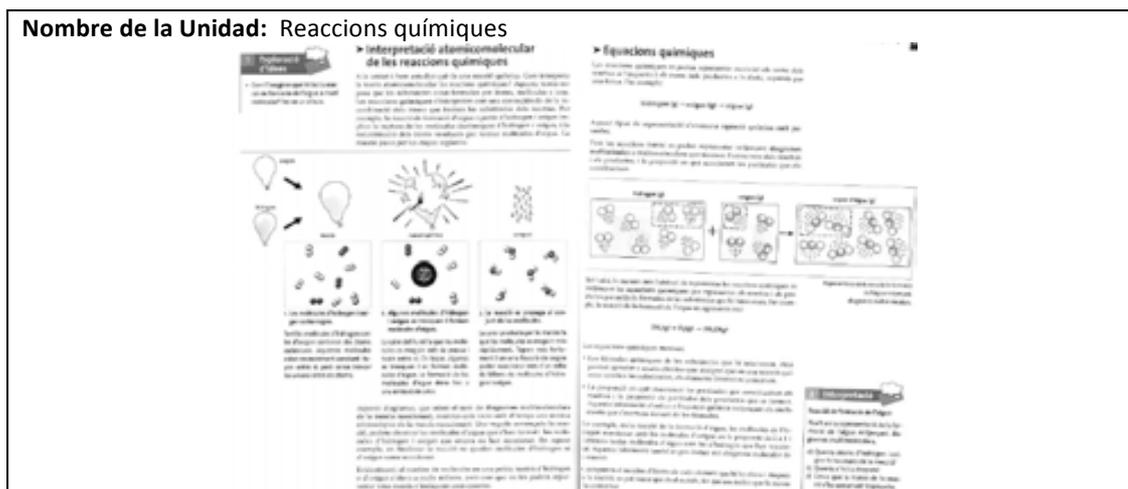


Figura 4.8. Viñeta del libro L7.

Libro 8: Ciencias 3 (Química), Ed Mac Millian, 2008

INDICE. Este libro está organizado en cinco bloques, del uno al cuarto con tres grandes temas y el quinto bloque 8 proyectos. Los bloques son: 1) Las características de los materiales (pág. 22-89); 2) La diversidad de propiedades de los materiales y su clasificación química (pág. 96- 159); 3) La transformación de los materiales, la reacción química (pág. 166-223); 4) La formación de nuevos materiales (pág. 230-274); 5) Química y tecnología (pág. 282-351). De estos bloques nos interesa el Tercero. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno a: La reacción química. La medición de las reacciones químicas. Proyectos. Ahora tú explora, experimenta y actúa. De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 168-171. Los títulos versan sobre: a) Reacción química; b) el cambio químico.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- Se introduce con un hecho histórico. El tratamiento de los alimentos y los cambios que experimentan las sustancias químicas de las que están compuestas los alimentos.
- Se inicia con dos fenómenos para ejemplificar diferencias entre cambio químico y físico. El cambio de estado de agua líquida a vapor y la formación de óxido de hierro cuando este es expuesto a la intemperie.

Hechos y recursos en L8

- Los **cambios** que experimentan las sustancias en la Naturaleza **son engañosos**. El agua de ríos y mares se evapora constantemente y, a simple vista, parece como si desapareciera. (pág. 168). **1.**
- El **hierro** (Fe) expuesto a la **intemperie** parece como si simplemente se **desmoronara**, pero la realidad es que la sustancia experimenta un **cambio químico** al reaccionar con el **oxígeno** (O_2) presente en el aire. (pág. 168). **2.**

- Cuando las sustancias participan en una **reacción química**, generalmente se observan diferencias que nos indican que la **identidad química** de los reactivos cambió. Por ejemplo, una evidencia podría ser la formación de espuma y burbujas, lo que indica que se está formando un gas. (pág. 169).**3.**
- La determinación de la existencia de un **cambio químico** se facilita si conocemos las **propiedades químicas** de las sustancias involucradas (pág. 170).**4.**
- El **cobre** (Cu) reacciona con el ácido nítrico (HNO₃) para generar nitrato de cobre (II) (Cu (NO₃)₂), un **compuesto iónico** de color verdoso soluble en agua, y dióxido de nitrógeno (NO₂), un **gas rojizo**. (pág. 170). **5.**
- Una propiedad química del **hierro** (Fe) es que se oxida en presencia de oxígeno para formar óxido de hierro (III) (Fe₂O₃), a la temperatura y presión del ambiente. (pág. 170). **6.**
- En cambio, el **platino** (Pt) no reacciona con el **oxígeno** bajo las mismas condiciones. La **ausencia de reactividad** también es una **propiedad química**. No sólo la capacidad de reacción de una sustancia es una propiedad química, la **inestabilidad o tendencia a descomponerse** también lo es. (pág. 170). **7.**
- El tipo y número de **reactivos y productos** que participan en una reacción química, varía de una reacción a otra (pág. 171). **8.**
- Analiza la formación de **amoníaco** (NH₃) a partir de nitrógeno (N₂) e **hidrógeno** (H₂), un proceso central en la producción de fertilizantes: **nitrógeno** (N₂) + **hidrógeno** (H₂) → **amoníaco** (NH₃). (pág. 171).**9.**
- Durante las **tormentas eléctricas**, el nitrógeno y el **oxígeno** en el aire se combinan para formar **óxidos de nitrógeno**: N₂ + O₂ → 2NO. (pág. 171). **10.**

Libros, y página donde	Hecho			Recurso				Total
	Real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
L8, pp. 168-175	1,2,3, 10	9, 10	5, 7, 9	4	3, 6, 7, 9, 10	1, 2, 7, 8		19
%	21,05	10,52	15,78	5,26	26,31	21,05	∅	--

Tabla 4.10. Gradilla con resultados a priori de segmentos seleccionados de textos examinados

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto L8 e ilustrados en la tabla 4.10, se puede observar una distribución entre los tipos de hechos (reales, simbólicos, de laboratorio) y recursos (descripciones, ejemplos, definiciones), aparte cuenta con otros recursos como historias, anécdotas, juegos, etc.



Figura 4.9. Viñeta del libro L8

4.1.3. FASE III. Resultados sobre las maneras de mirar el cambio libros de texto

A continuación se exponen los resultados en las maneras de mirar el cambio químico en los textos revisados. Los códigos de la red se han reducen a:

Hechos	Simbología	Recursos	Simbología
Reales (de interés social o individual)	HR	Definición	RD
De laboratorio	HL	Ejemplo	RE
Simbólicos	HS	Descripción	RDe
		Argumentación	Ar

Tabla 4.11. Simbología

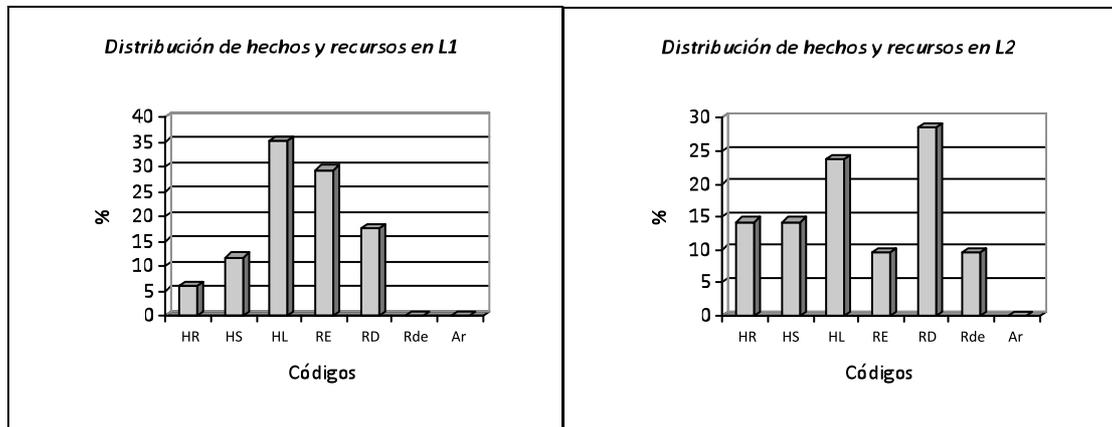


Figura 4.10. Distribución de hechos y recursos en L1 Figura 4.11. Distribución de hechos y recursos en L2

En L1, se caracteriza por ser tener una retórica que se nutre de la relación hecho de laboratorio-ejemplificador. Se realiza la importancia del estudio de los fenómenos con los instrumentos y reactivos apropiados. Mientras en L2, se cumple la relación hecho de laboratorio-descripción, sus base son las descripciones y los instrumentos de laboratorio. Del texto se puede leer que los hechos serán químicos si previamente pasan por el laboratorio.

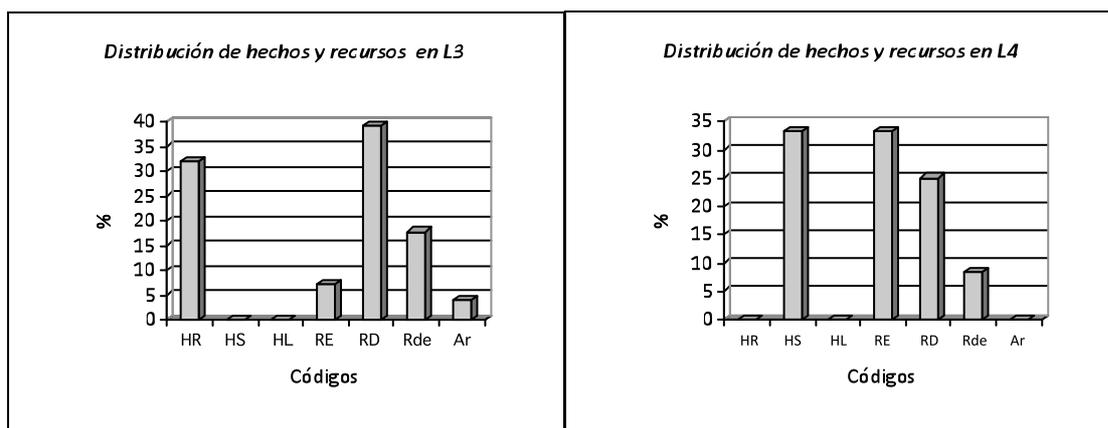


Figura 4.12. Distribución de hechos y recursos en L3 Figura 4.13. Distribución de hechos y recursos en L4

L3 su retórica se caracteriza por ‘hablar’ de hechos reales (clavos y aldabas que se oxidan,...) y descripciones de los mismos, al punto que va introduciendo poco a poco al lector a través de los fenómenos en el mundo de la química, argumentando porque algunos fenómenos puede ir ‘juntos’. Este texto es un ejemplo de lo que estamos buscando. Por otro lado L4 es hecho simbólico-descripciones. Se apoya en fenómenos que son abstraídos al mundo del papel, prescindiendo de hechos reales o de laboratorio. Ecuaciones de reacción y diagramas moleculares abundan en este tipo de libros.

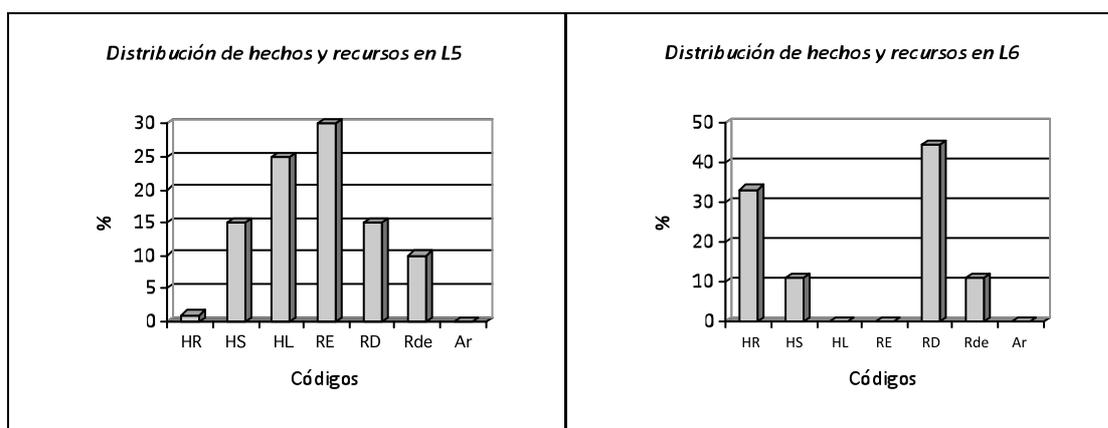


Figura 4.15. Distribución de hechos y recursos en L5 Figura 4.16. Distribución de hechos y recursos en L6

En cuanto a L5 se inclina por el empleo de recursos de laboratorio-ejemplificados en imágenes o en ejemplos para ilustrar el cambio químico. En cambio L6 tiene un carácter hecho real-definiciones dejando en claro ‘qué es qué’ dentro de la temática.

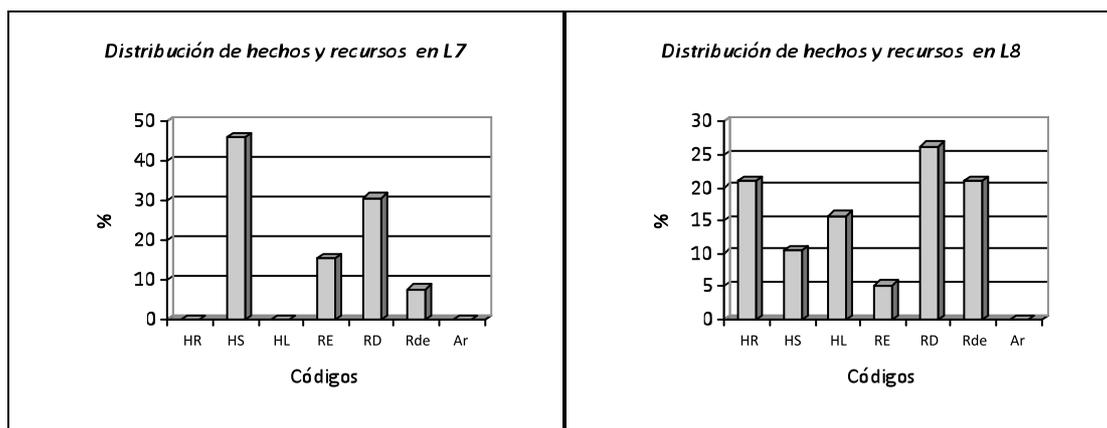


Figura 4.17. Distribución de hechos y recursos en L7 Figura 4.18. Distribución de hechos y recursos en L8

En L7 se destaca los hechos simbólicos-definiciones en torno a los diagramas moleculares. En cambio L8 existe una paridad entre los hechos reales-simbólicos-de laboratorio junto a descripciones y definiciones.

a) Sobre las gráficas:

- **Sobre los hechos reales.** Gran parte de los textos revisados presenta fenómenos naturales al alcance de todos y para todos. Desde un clavo oxidado, barcos, alabas, cambios de color en la fruta (oxidación de taninos), formación de CO_2 (a partir de combustión o fermentos). Resaltan en este aspecto L3, L6 y L8 en presentar fenómenos cotidianos en la secuenciación de la unidad, principalmente la formación de herrumbre.
- **Sobre los hechos simbólicos:** Los fenómenos se abordan desde la ecuación de la reacción y en representaciones atómico-moleculares. A modo de ejemplo L7, presenta el cambio químico desde esta visión, sin emplear un fenómeno real para acompañar estas ideas.
- **Sobre los hechos de laboratorio:** El texto es acompañado de hecho que provienen del laboratorio. Se destaca L2 quien presenta reactivos e instrumental para dar a conocer el cambio químico.
- **Sobre las definiciones como recurso:** Gran parte de textos recurre a las definiciones. Particularmente de las entidades para dar a conocer el cambio químico y sus conceptos subyacentes. L4 se destaca en este emplear este recurso.
- **Sobre las definiciones como ejemplo:** el ejemplo parece ser el recurso por excelencia. Aunque es curioso que se establecen hechos, pero el ejemplo que acompañe a la definición o descripción no está presente en todos los casos y dependiendo de la 'intencionalidad' es difícil distinguir entre descripción y ejemplo.
- **Sobre las descripciones como recurso:** en la mayoría de los textos aparece descripción como recurso, ya sea desde el hecho o desde la definición, la descripción es una manera de dar cuenta el cambio químico en los textos revisados.

b) Sobre los textos revisados.

Un cambio se describe como una diferencia encontrada al comparar un sistema en dos estados diferentes. Un trozo de hierro reluciente (clavo, un estanco, rejilla, un barco, una albadá,...) se recubre de polvo rojo cuando se expone al aire húmedo (que es la condición). Todos conocemos otros muchos ejemplos de cambios, pero los que son químicos se refieren sólo a algunos de ellos cuando hablan de cambios químicos. Cualquier decisión sobre cuáles son cambios químicos y cuáles no, es en cierto modo arbitraria. Así, es frecuente decidir que ciertos cambios químicos son químicos cuando los estudian químicos (Ver comienzo y gráficos de L1, L2 y L4). Sin embargo, generalmente se siguen algunas reglas. La transformación del hierro, de metal duro, tenaz y brillante a polvo rojo deleznable, es un ejemplo del cambio químico. El hierro y el hierro enmohecido son materiales distintos y con propiedades características diferentes. Pero ¿cuál es la naturaleza de esta diferencia, cómo se puede reconocer y cómo se puede interpretar? Las repuestas de que dan los libros de libros escolares son, siempre (en consecuencia la formación del hierro enmohecido) un ejemplo más del cambio químico, es decir, desde dentro de la disciplina. Se recurre a los simbolismos $Fe_{(s)} + O_2 \rightarrow Fe_2O_{3(s)}$ (L5) y a diagramas moleculares (L7), para interpretar las diferencias entre los estados inicial y final, simplemente ‘juntando’ los diagramas moleculares, o juntando las ‘letras’. A nivel escolar se supone que esto es suficiente para dar a entender la naturaleza de la diferencia entre el hierro y el hierro enmohecido. Se dice lo que es el cambio químico (se define) se ponen ejemplos que se interpretan y se hacen pocas descripciones.

Los fenómenos que recurren los libros de textos revisados son:

Cód.	Fenómenos/Libros	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	Total
L1F4	Ácido clorhídrico y bicarbonato de sodio	*								1
L5F3	Ácido clorhídrico y magnesio					*				1
L2F5	Ácido clorhídrico y zinc		*				*			2
L8F4	Ácido nítrico y cobre								*	1
L1F6	Ácido sulfúrico y zinc	*	*				*			3
L1F3	Alcohol y agua	*								1
L1F1	Algodón, más ácidos	*								1
L2F3	Bicarbonato de sodio y vinagre o limón		*				*			2
L3F8	Calentar cobre			*						1
L3F9	Cambios en los alimentos exposición al oxígeno (frutas, verduras)			*			*			2
L2F9	Cloruro de magnesio y nitrato de plata		*							1
L1F5	Cloruro de sodio y nitrato de plata	*								1
L3F11	Combustión de vela			*						1
L3F13	Combustión de gasolina			*						1
L1F2	Combustión del alcohol	*		*						2
L4F2	Combustión del magnesio				*					1
L3F12	Combustión del metano			*	*		*			3
L3F6	Combustión del papel			*						1
L5F4	Combustión fósforo rojo					*				1
L8F9	Descomposición de peróxido de hidrogeno								*	1
L8F	Descomposición de trinitroglicerina								*	1
L2F8	Descomposición del carbonato de calcio		*							1
L2F6	Descomposición del Tetraoxoclorato de potasio		*							1

L1F7	Formación de agua	*	*		*			*		4
L2F7	Formación de amoníaco		*						*	2
L3F10	Formación de oxido de hierro			*		*	*		*	4
L3F4	Freír un huevo, carne,.., hacer pastel (actividad cocina)			*					*	2
L4F4	Hierro y azufre				*	*				2
L3F1	Incendio			*						1
L3F5	Luz solar, pigmentación, melanina			*						1
L2F1	Permanganato de potasio y glicerina		*							1
L8F5	Proceso fotosintético								*	1
L2F2	Respiración, el sol, fibras, plásticos, medicamentos			*			*			2
L8F3	Tintura de yodo en una papa								*	1
L8F7	Una tormenta y la formación de oxido nítrico								*	1
	Total	7	9	12	4	4	7	1	9	53

Tabla 4.12. Fenómenos abordados en los segmentos de texto seleccionados en los libros escolares.

Los fenómenos que se abordan en los libros de textos se pueden reagrupan buscando aspectos que les sean comunes. Bajo esta lógica la red que presentamos en la figura 4.19 representa esta intención.

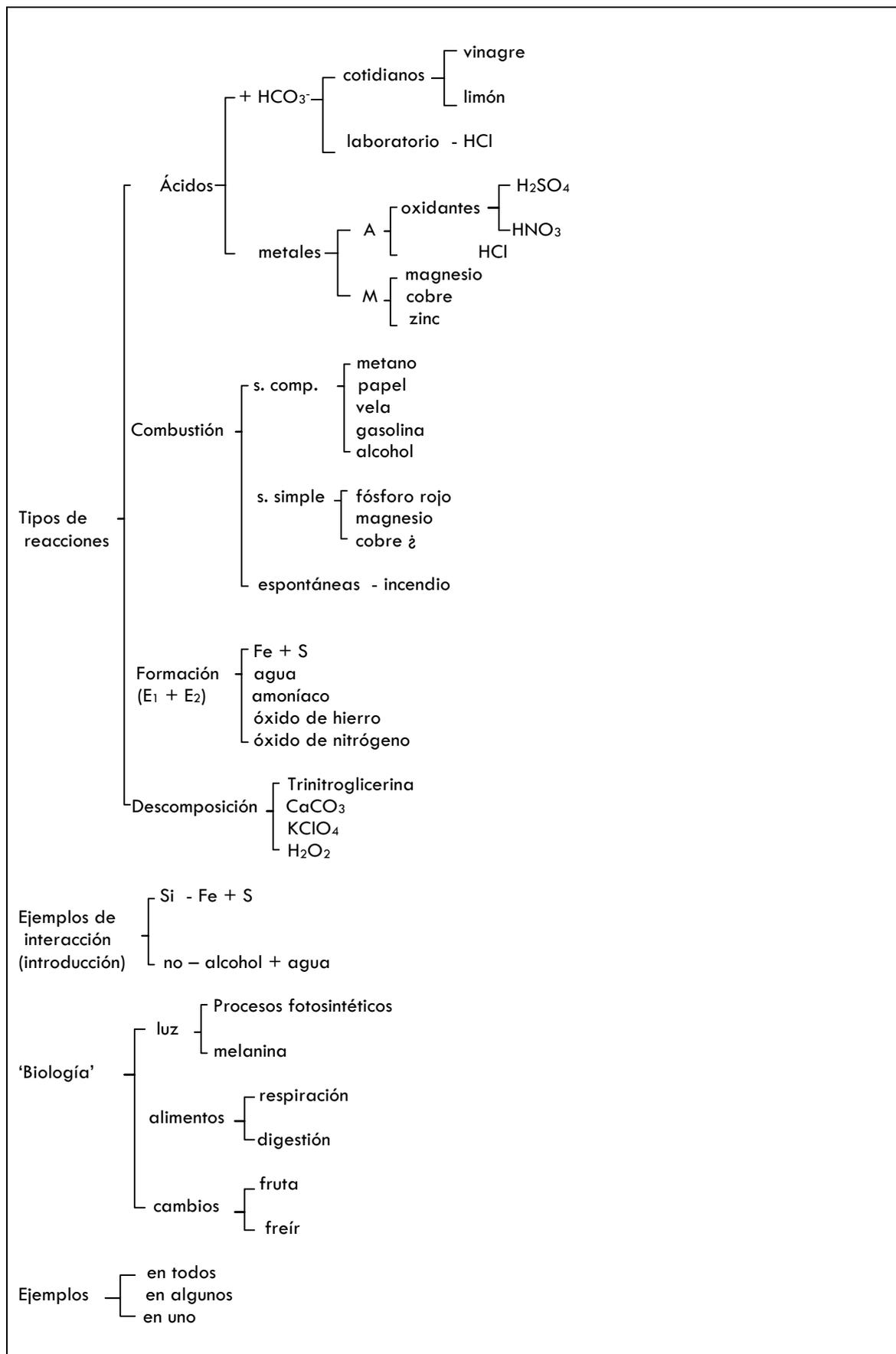


Figura 4.19. Red de fenómenos presentes en los segmentos seleccionados de los libros de texto

La red (figura 4.19) podemos 'leer' la conexión entre las posibles características (o interpretaciones) de los fenómenos presentes en los libros. Los libros 'hablan' de los fenómenos abordados como '*cambios en química*'. Por un lado se observa se tratan como tipo de reacciones, ejemplos de interacción, conexión con el mundo biológico y hay fenómenos en común en la mayoría los libros de textos (los combustión preferentemente, metano) o en algunos (L8). También se observa una carencia en la vinculación experimental según los siguientes ejemplos:

- En el texto L3, L5, L6 y L8, se emplea el hierro como ejemplo de 'oxidación' pero no se recuerda su interacción con los ácidos.
- En L2 y L8 se presenta la formación del amoníaco como 'función' $E_1 + E_2$ pero no como 'base'.
- En L2 y L6 el bicarbonato es tratado como un antiácido pero no se relaciona con los carbonatos.
- En L1, L2, L5, L6 y L8 los ácidos interactúan con los metales, pero no se relaciona con la oxidación.
- En la descomposición no se encuentran 'puentes' para vincular la vela o a la madera (incendio).
- El cobre 'se calienta', y el óxido de hierro 'se forma' pero 'no se queman'.
- Quemar u oxidar según la velocidad, no se encuentran referencias
- El control aparece en el laboratorio, ya no en lo cotidiano. Aunque este control no transparenta las acciones del químico (combustiones; oxígeno, fuentes de calor, pero no se mencionan)

4.2. EL CAMBIO QUIMICO EN LOS PROYECTOS

En este apartado se presenta el análisis y resultados obtenidos según los criterios pre-establecidos en el capítulo 3 para conocer cómo abordan retóricamente el Cambio Químico los proyectos de la muestra obtenida.

4.2.1. Fase II. Tratamiento de los datos

En el sección 4.1.1, referida a los libros de textos se ajusto la red tomada de Izquierdo (2005), para considerar el tratamiento de los hechos y recursos. Presentamos a continuación los datos referentes a los proyectos seleccionados.

Proyecto 1. Chemical system. Chemistry Bond Approach Project (CBA)

Sistemas Químicos, constituye una introducción a la Química. Se destacan ideas y experiencias, ambas necesarias para el estudio 'efectivo' de la química. Cuestiones fundamentales que se plantean en el libro son: (1) ¿Cuál es la naturaleza de un sistema químico? ¿Cómo se puede reconocer y cómo se puede interpretar? (2) ¿Cómo se modifican los alrededores del sistema cuando se produce una reacción química? (3) ¿Por qué unos elementos químicos forman ciertos compuestos y otros no? (4) ¿Qué factores determinan las condiciones en que un cambio químico es completo? (5) ¿Por qué las reacciones invierten tiempo en su realización?

INDICE. Esta propuesta está dividida en cinco partes: 1) En la primera se discute la naturaleza del cambio químico, destacando especialmente la interacción entre las sustancias que componen un sistema. Esta interacción se puede observar en el laboratorio. Para comprender la interacción se introduce el concepto de átomo, admitiendo que se disponen de acuerdo a un principio estructural (pág. 1- 138); 2) En la segunda parte es el desarrollo de las bases necesarias para comprender cómo se pueden interactuar los átomos para formar estructuras. Para ello se estudian sistemas que experimentan reacciones químicas y producen energía eléctrica (pág. 139-249); 3) En la tercera parte se discute sobre el papel de la teoría cinética molecular y de la entalpía como modelos mentales (pág. 252-426); 4) En la cuarta parte se relacionan las ideas desarrolladas en la primera, acerca de la naturaleza de las reacciones, con el estudio de los modelos estructurantes, realizados en la parte tercera (pág. 500-648); 5) En la quinta parte se introduce el equilibrio químico (pág. 652-¿?). De estas Partes nos interesa la inicial, cuyas unidades versan sobre: a) La ciencia del cambio químico, b) Mezcla y cambio químico, c) Gases, moléculas y masas. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno a los sistemas para estudiar la interacción entre el cobre y el zinc, entre las páginas 65-72.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Se hace referencia a las propiedades del cobre y del azufre. Se acompaña la narración con una tabla de propiedades (color, punto de fusión, punto de ebullición, zona líquida, densidad del sólido)

Hechos y recursos en P1

- El **cobre** es un ejemplo del gran número de **elementos** denominados **metales**. Se usa comúnmente para hacer monedas, ornamentos e hilos para conducir la electricidad. (pág. 65). **1.**
- El **azufre**, otro **elemento químico**, es un sólido bastante duro pero frágil, es decir no es, dúctil. No conduce la corriente eléctrica. Una forma común del azufre, llamada flor de azufre, es un polvo. (pág. 66).**2.**
- Los datos de la Tabla 2-3 indican que el **azufre no sólo funde**, sino que **pasa a gas** cuando se calienta en un mechero bunsen, y que el cobre permanece en estado sólido. Los materiales que pasan con facilidad al estado gaseoso se dice que son **volátiles**. (pág. 67). **3.**
- Cuando **azufre y cobre** (en forma de un alambre flexible) se calientan juntos a unos 200° C. La temperatura del sistema aumenta bruscamente, aunque se haya separado la fuente de calor, y el azufre hierve. (pág. 67). **4.**
- La **relación de masa** entre cobre y azufre, es diferente 'en' cada sistema. El cobre está en forma de 'pequeños' trozos de alambre y el azufre, en polvo. (pág. 67).**5.**
- todo el azufre al **vaporizarse** se separó del sólido volátil que quedó como residuo. De esta forma, cada sistema originó una porción volátil y otra no volátil. (pág. 67).**6.**
- Estudios posteriores de los cambios que experimentan estos sistemas, permitirán seleccionar alguna **propiedad que pueda medirse** antes y después del calentamiento. Aunque el volumen sea medible: sus cambios son muy pequeños. Resulta más fácil pesar la porción no volátil del sistema en su estado final y comparar su masa con la de cobre original. (pág. 67).**7.**
- Otras experiencias concebidas para excluir el aire y, prevenir cualquier pérdida accidental de azufre dan un **cambio total de masa** igual a cero. Esto significa que la **disminución de la' masa**, indicada en' la columna VIII. Procede de pequeñas pérdidas de vapor de azufre, mientras que los aumentos de masa 'se deben probablemente a la **reacción con algo de aire**. (pág.68). **8.**
- Si la **masa de cobre** no se altera por calentamiento, el **aumento de masa** debe proceder de algún cambio en la **masa del azufre** no volátil. En otras' palabras, el cambio máximo en la masa de material volátil debe ocurrir en un sistema- que tenga una relación cobre/azufre (pág. 69).**9.**

Libros, y página donde situamos el	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
P1, pp.65-72			1, 2		3	5, 7	5, 4, 7,8,9	10
%	∅	∅	20,00	∅	10,0	20,00	50,00	

Tabla 4.13. Gradilla con distribución de segmentos seleccionados de textos examinados

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto P1 e ilustrados en la tabla 4.13 se puede observar una distribución entre los tipos de hechos (reales, y de laboratorio) y recursos (descripciones y ejemplos). Los hechos simbólicos en esta unidad comienzan más adelante y son gráficas de los datos colectados a partir de la experimentación que proceden. Abunda las argumentaciones sobre cómo se interpreta el sistema cobre-azufre y porque se tratan de esta forma a causa de las reglas de relación de masas.

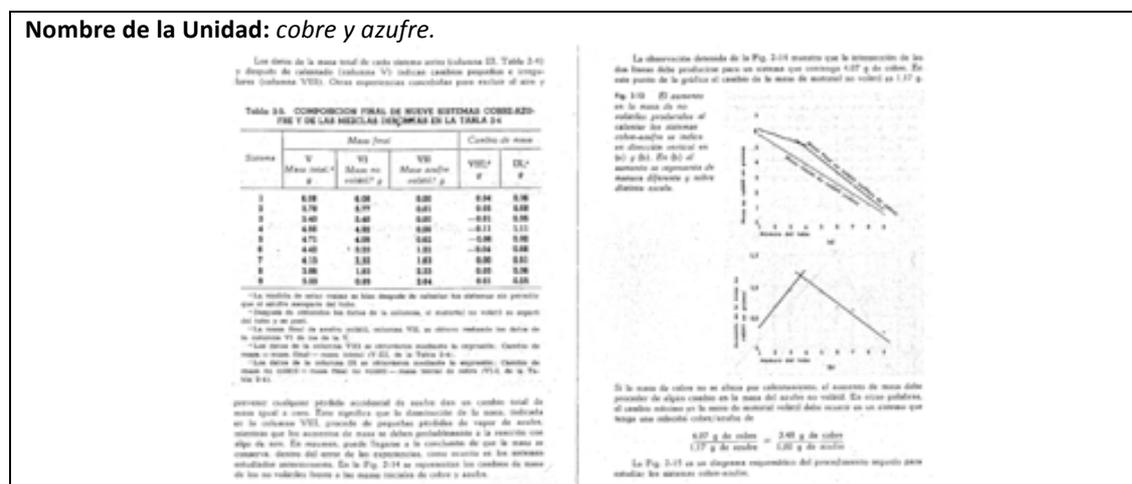


Figura 4.20. Viñeta del proyecto P1.

Proyecto 2. Chem Com: Chemistry in the Community

QuimCom, está destinado a estudiantes de 'nivel medio', que lo usan en el laboratorio o salón de clases bajo la supervisión del profesor de química. Fue diseñado para ayudar a los estudiantes a: a) percibir el papel de que la química desempeñara en sus vidas personales y profesionales; b) emplear conocimientos químicos para reflexionar y tomar decisiones apropiadas en asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología; c) desarrollar conciencia permanente tanto del potencial como de las limitaciones de la ciencia y de la tecnología.

INDICE. Los temas principales de QuimCom son: Cómo obtener el agua que necesitamos (pág. 1- 82); Cómo conservar los recursos químicos (pág. 84-146); Petróleo: ¿construir o quemar? (pág. 150-215); Comprendamos los alimentos (pág. 216-269); La química nuclear en nuestro mundo (pág. 270-337); Química, aire y clima (pág. 338-407); Salud: riesgos y opciones (pág. 408- 463); y La industria química: promesa y reto (pág. 466-521). Las ocho unidades apoyan los conceptos principales, vocabulario, habilidad mental y técnicas de laboratorio que son de esperar en cualquier curso introductorio de química.

De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 236-237. Los títulos versan sobre: a) alimentos: moléculas para construir, b) los alimentos como reactivos químicos.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Se recuerda la relación de sustancias existentes en el cuerpo humano.
Agua, grasas, ...,
- b) Fotografía de un orgánulo. En este caso una mitocondria.

Hechos y recursos en P2

- La **bioquímica** es la rama de la **química** que estudia las **reacciones químicas** en los **sistemas vivos**. Estos procesos casi nunca son sencillos. (pág. 236). **1.**
- la **digestión** descompone estos **carbohidratos en glucosa, $C_6H_{12}O_6$** la sustancia primordial que se emplea para **obtener energía** en la mayor parte de los **sistemas vivos**. (pág. 236). **2.**
- La **reacción global** para la extracción de **energía** de la **glucosa** por **combustión** es la misma en el cuerpo que en una mesa de **laboratorio** en presencia de aire. (pág. 236). **3.**
- La **glucosa** no arde con una llama dentro del organismo, pues no sólo escaparía la energía inútilmente como calor, sino que temperaturas resultantes matarían a las células. (pág. 237). **4.**
- Esta **reacción de combustión** tiene lugar de manera continua dentro de célula del cuerpo humano, en una serie de al menos veintidós **reacciones químicas** relacionadas, conocidas como **respiración celular**. (pág. 237). **5.**
- Las **enzimas son catalizadores**, es decir, compuestos que **promueven** las **reacciones químicas** incrementando su **velocidad de reacción**. (pág. 237). **6.**
- Las **cantidades** que sobran de los otros **reactivos** (harina, azúcar, polvo de hornear, agua, aceite) simplemente se quedan sin usar. Si queremos hornear más pasteles tendremos que encontrar más huevos. (pág. 237). **6.**
- En las **reacciones químicas**, como en las recetas, las sustancias individuales **reaccionan** en **cantidades fijas** específicas. Estas **cantidades relativas** se indican en las ecuaciones químicas. (pág. 238). **7.**
- El concepto de **reactivo limitante** se aplica también a los **sistemas vivos**: la escasez de un nutrientes o reactivo clave puede afectar severamente el **crecimiento** o la salud tanto de plantas como de animales. (pág. 238). **8.**
- Una **ecuación química** puede **interpretarse** no sólo en **términos de moléculas**, sino también en **términos de moles y gramos**. La reacción puede reescribirse en términos de moles para todos los **reactivos y productos**:
 $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + Energia$. (pág. 239). **9.**

- Las **rutas de reacción alternas** no son, empero, una solución permanente al agotamiento de la glucosa. Si la ingestión de un nutriente se halla constantemente por debajo de lo que el cuerpo necesita, dicho nutriente puede convertirse en un **reactivo limitante** en procesos bioquímicos vitales. (pág. 239). **10.**

Libros, y página donde situamos el	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
P2, pp.236-239	1	2,9	4	--	1,2, 3, 8	1,3,5, 6, 7, 10		14
%	7,14	14,28	7,14	∅	28,57	42,85	∅	--

Tabla 4.14. Gradilla con distribución de segmentos seleccionados de textos examinados

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto P2 e ilustrados en la tabla 4.14, se puede observar una distribución entre los tipos de hechos (reales, simbólicos, de laboratorio) y recursos (descripciones, ejemplos, definiciones). Se rescata el tratamiento del cambio en los sistemas vivos. No obstante sólo se refiere al lugar donde ocurre para continuar el tratamiento en base a las transformaciones de la glucosa mediante formulas.

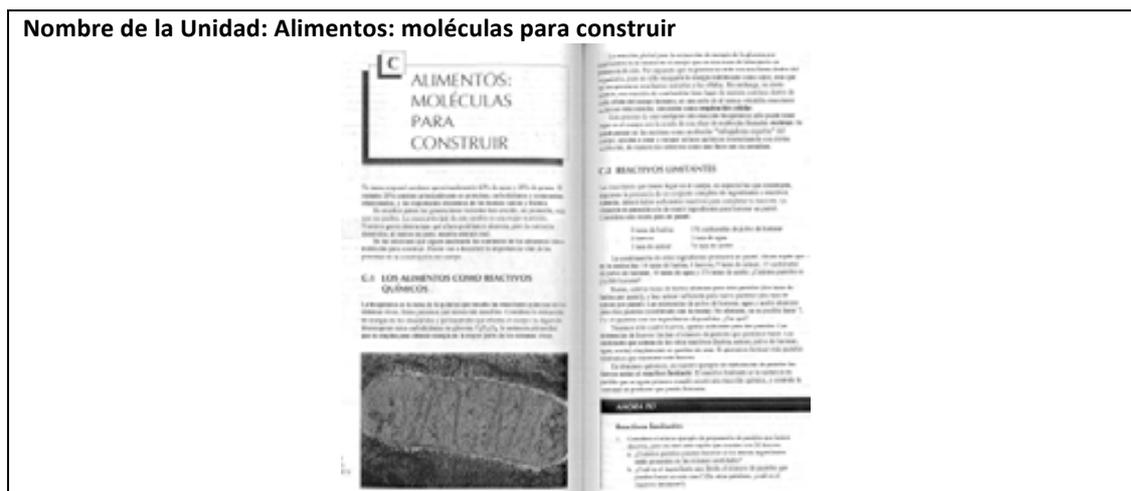


Figura 4.21. Viñeta del proyecto P2.

Proyecto 3. Chemistry / Complete Coordinate Science

Este libro pertenece a una serie de tres libros de texto de ciencias (que abarca la física, la química y la biología, respectivamente) para los estudiantes después de un programa coordinado. Cada libro explica los conceptos clave de la ciencia y se desarrolla a través de una serie de diferenciales tema vinculado. Tiene como objetivo aprovechar el conocimiento existente de los estudiantes y fomentar una ‘verdadera comprensión’ de la ciencia.

INDICE. Esta propuesta está organizada en 5 unidades. Las cuales son: 1) Physical patters (pág. 2-22); 2) Chemical patters (pág. 24-46); 3) Building block (pág. 48-68); 4) Chemical Changes (pág. 70-96); 5) Materials from the earth (pág. 98-120). De estas Unidades nos interesa la cuarta. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno a:

chemical changes, rates of reaction, food deterioration, flammable material, form oil to plastics, chemical processes in nature, metal, corrosion of metals, the blast furnace, sulfuric acid, electrolysis, electrolysis of salt water, extracting aluminum. De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 70-73. Los títulos versan sobre: a) making cakes, b) making material, c) the right amount, d) making plastics, e) making glass, f) getting a reaction, g) balance equation.

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Imagen de una niña preparando (haciendo) galletas con sus respectivos ingredientes, para continuar con nuevos ejemplos.

Hechos y recursos en P3

- If you want to **make a cake**, having a list of the **ingredients** in a recipe book isn't enough. You also need to know the **relative** amounts of each ingredient - what proportions of margarine, flour, eggs etc. you need. (pág. 70). **1.**
- You **make a cake** by using the **correct materials** and the right ingredients in the right amounts. A chemist makes metals, plastics, glass and many other useful **materials** in the same way. (pág. 70). **2.**
- When you make a **material** such as a metal alloy, a new plastic or glass you will also need the list of **ingredients**. This is contained in the **word equation**. (pág. 70). **3.**
- This **word equation** tells you the **ingredients** used and formed when copper oxide and carbon are **mixed** together then heated. (pág. 70). **4.**
- **Copper oxide + carbon → copper + carbon dioxide**. But it doesn't tell you the amount of carbon and copper oxide to use nor how much copper and carbon dioxide will be formed. (pág. 70). **5.**
- You can find the relative amounts of each **reagent** from the **equation containing the chemical formulae** - the balanced symbol equation - for the reaction. (pág. 70). **6.**
- **Plastics** are large molecules called polymers made by joining together **smaller molecules called monomers**. Different plastics can be made by joining together different **types of monomers**. (pág. 71). **7.**
- In the Middle Ages, **alchemists** tried to obtain gold from cheap metals, but failed. The reason for this was simple - since gold wasn't contained in one of the starting **materials** (reactants), they couldn't get gold as one of the **products!** (pág. 72). **8.**
- **Hydrogen** and **oxygen** are simple chemicals. When hydrogen gas **burns** in oxygen gas, water is formed because the oxygen and hydrogen **react** together. (pág. 72). **9.**

- Another representation uses **chemical symbols** to show what happens in **reactions**. When you do this the equation is called a **symbol equation**. (pág. 72). **10**.
- In a **chemical reaction** the atoms are rearranged by making **new bonds**. Energy is first used to break the bonds in some of the **molecules**. (pág. 73). **11**.

Libros, y página donde situamos el	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
P3, pp. 70-73.	1,2,7	3,4,7, 10	4,5,7, 9	10, 11	2,3, 4, 5, 8,9	1,2,3, 6		23
%	13,04	17,39	17,39	8,69	26,08	17,39		--

Tabla 4.15. Gradilla con distribución de segmentos seleccionados de textos examinados

En la distribución de los componentes factuales que se ofrecen en el texto P3 e ilustrados en la tabla 4.15, se puede observar una distribución entre los tipos de hechos (reales, simbólicos, de laboratorio) y recursos (descripciones, ejemplos, definiciones). En el texto se condensa una cantidad de información a partir del uso de todos los recursos, aunque cambia constantemente de fenómeno de estudio. De la combustión de oxido de cobre para formar cobre, pasa a cómo hacer plásticos y a hacer vidrio,..., entre otros.

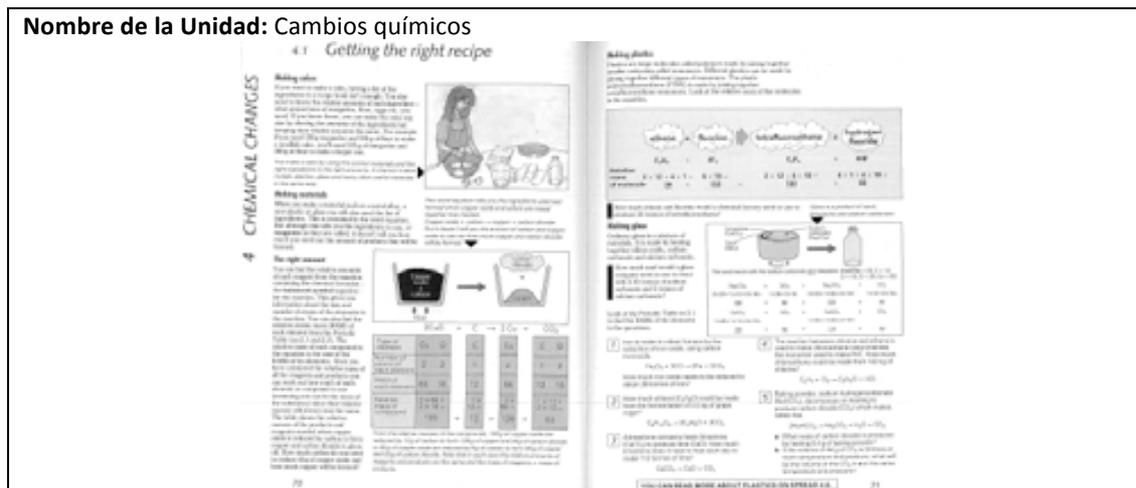


Figura 4.22. Viñeta del proyecto P3.

Proyecto 4. Chemical Storylines. Salters Advanced Chemistry

The Salter Advances Chemistry se compone de 13 unidades, junto con una visita industrial y una investigación individual. El libro contiene las 'historias químicas' que forman la columna vertebral de cada unidad. Hay un libro aparte de *Chemical Ideas*, y otro de *Activities*. Cada unidad está impulsada por una historia. Se invita a trabajar a través de las historias, haciendo excursiones a las *Activities* y en *Chemical Ideas* (nombre de los otros dos textos independientes) en los lugares adecuados. Las tramas se dividen en secciones y sub-secciones. Existen asignaciones numéricas en los intervalos. Estos están diseñados para transitar a través de la historia y comprender en la medida que se avanza.

INDICE. Esta propuesta está organizada en trece unidades: 1) The element of life (pág. 2-15); 2) Developing fuels (pág. 16-37); 3) From minerals to elements (pág. 38-53); 4) The atmosphere (54-81); 5) The polymer revolution (pág. 82-99); 6) What's in a Medicine? (pág. 100-111); 7) Using sunlight (pág. 112- 133); 8) Engineering proteins (pág. 134-156); 9) The steel story (pág.158-175); 10) Aspects of agriculture (pág. 176-199); 11) Colour by design (Pág. 200-227); 12) The Ocean (pág. 228-251); 13) Medicines by design (pág. 252-271). De estas Unidades nos interesa la novena. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno a: What is steel?, How is steels made?, A closer look at the elements in steels, Rusting, What happens inside a 'tin' can?, Recycle steels. De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 160-161. El título versa sobre: a) What element does steels contain?

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- a) Comienza preguntando por qué es el acero, acompañada de una imagen de una fundición.
- b) Otra imagen que acompaña hace referencia a sus usos.

Hechos y recursos en P4

- There may be many **different elements** present in a **steel** in addition to **iron**. A few, such as **carbon** and **silicon**, are non-metals but most are metals. (pág. 160).1.
- Many of the **elements** present in **steel**, including **iron**, are d-block elements. (pág. 160). 2.
- Making **steel** on a large scale with the right **composition** is a highly skilled business, involving sophisticated technology. The **chemistry** is spectacular! (pág. 160). 3.
- **Metal** of this **composition** is very brittle and has a limited range of uses - who, for example, would buy a hammer which had a likely to shatter on first impact? (pág. 160). 4.
- All of this is achieved in the **Basic Oxygen Steelmaking** (BOS) process, in which batches of about 300 tonnes of high-quality steel are made in just 40 minutes. (pág. 161). 5.
- **Sulphur** is the first element to be removed. This is done in a **separate reduction process** before the main steelmaking reactions take place. (pág. 161).6.
- In a violent **exothermic reaction** the **sulphur** is **reduced** to **magnesium sulphide**, which floats to the surface and is raked off: $Mg + S \rightarrow MgS$ (pág. 161).7.
- **Carbon, phosphorus** and other elements are removed by **direct oxidation** with gaseous oxygen. (pág. 161).8.

Libros, y página donde situamos el	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
P4, pp.160-161	1,2,3,4,6	2	2	--	1,2, 5,6	3,4,6, 8		15
%	33,33	6,66	6,66	∅	26,66	26,66		

Tabla 4.16. Gradilla con distribución de segmentos seleccionados de textos examinados

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto P4 e ilustrados en la tabla 4.16, se puede observar una distribución entre los tipos de hechos (reales, simbólicos, de laboratorio) y recursos (descripciones, ejemplos, definiciones). La historia del acero nos invita a cuestionarnos, que historia a de acompañar el hecho en el empleo de los recursos.

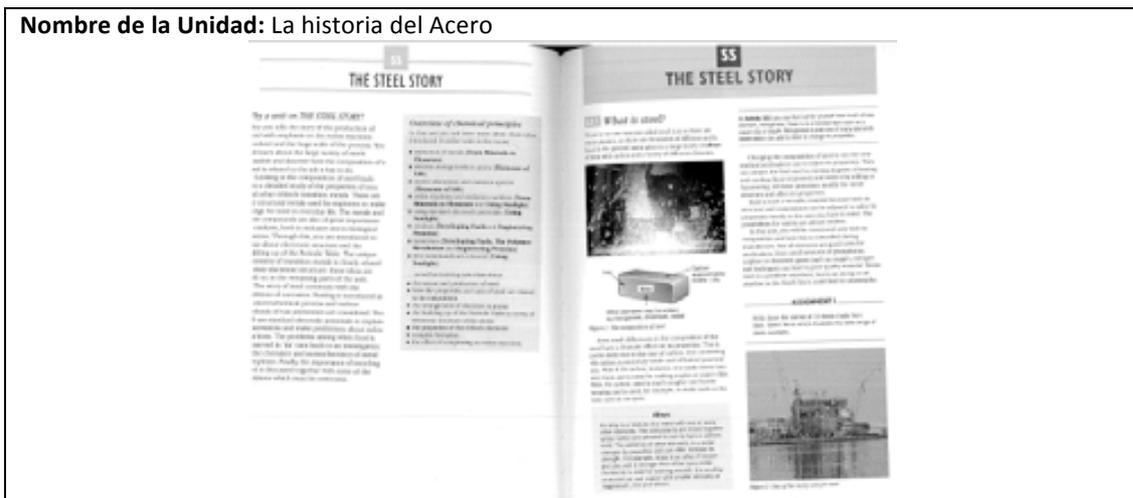


Figura 4.23. Viñeta del proyecto P4

Proyecto 5. Nuffield Co-ordinate Science. Chemistry.

Nuffield Co-ordinate Science, emerge tras una orden política del Gobierno Británico (1985) para que en las escuelas hubiese un aumento en la oferta de cursos de ciencia 'para todos los alumnos' (5 – 16 años). Más tarde con la inclusión del GCSE (General Certificate of Secondary Education, 1986) trajo consigo el creciente deseo entre científicos y profesores de ciencia, que los niños de todas las edades debían de aprender acerca de los procesos y habilidades de la ciencia, así como conocimientos científicos. Así el equipo Nuffield proporcionar un curso de la ciencia que cubriera la biología, química y física en plan de estudios. Nuffield Co-ordinate Science fue el primer proyecto de Nuffield para el GCSE. Una característica clave de Nuffield Science era comenzar desde un inicio con el trabajo práctico para luego pasar a la teoría. A los alumnos les ayudaba construir su visión del mundo reflexionando sobre su propia experiencia. Pero, las revisiones al Programa Nacional terminaron por erradicar a Nuffield Science cuando el plan de estudios tuvo que ser revisado perdiendo su atractivo distintivo. [Fuente: <http://www.nuffieldcurriculumcentre.org/go/Default.html>].

INDICE. Esta propuesta está organizada en seis tópicos; 1) Raw materials; 2) Materials in use; 3) Chemical in our homes; 4) Energy changes in chemistry; 5) Soil and agriculture; 6) The periodic table, atoms and bonding. De estos tópicos nos interesa el cuarto. Los hechos, conceptos y sistemas conceptuales, giran en torno a: combustibles y fuego y

baterías. De aquí nos interesan los hechos y recursos que circulan entre las páginas 224-226. Los títulos versan sobre: a) what is burning?

Las maneras de iniciar en la unidad seleccionada:

- Hace referencia como esta unidad conecta con otros capítulos de los textos referidos a Biología y a Física.
- El lanzamiento de un cohete de propulsión adosado a un transbordador.

Hechos y recursos en P5

- Figure 13.1 show a **rocket launch**. Inside many rockets used for space exploration, the fuel **burn in oxygen**. (pág.224).1.
- The **rocket** has to carry its own **oxygen** with it, because it is being launched into space where there **is no air**. (pág. 224).2.
- **Burning is a chemical reaction**. The reaction is generally slow at room **temperature**, so we usually have to **heat** thing before they will **start to burn**. (pág. 224).3.
- Figure 13.3 shows an apparatus which can used to investigate the products which are formed when a fuel **burns**. In the experiment describe here, the fuel is **ethanol**. (pág.225).4.
- Figure 13.4 show a **candle burning**. A) Which part of **candle** is fuel which **burns**? B) Why must a candle have both wax and a wick? (pág.225).5.
- **Methane gas** burns when heated in air. Limestone **decomposes** when it gets hot. Use the examples to explain the difference between **burning and decomposing**. (pág.225).6.
- Another word for **burning is combustion**. A car engine is called an internal **combustion** engine because the fuel burns inside the cylinder of the engine. (pág.226).7.

Libros, y página donde situamos el	Hecho			Recurso				Total
	real	simbólico	de laboratorio	Definiciones	Ejemplos	Descripciones	Argumentaciones	
P1, pp.224-226	1, 2, 4, 5		3, 6	3,7	1,3, 4, 5,6	2,3		15
%	26,66	∅	13,33	13,33	33,33	13,33		--

Tabla 4.16. Gradilla con distribución de segmentos seleccionados de textos examinados

En la distribución de componentes factuales que se ofrecen en el texto P5 e ilustrados en la tabla 4.16, se puede observar una distribución entre los tipos de hechos (reales, simbólicos, de laboratorio) y recursos (descripciones, ejemplos, definiciones). Es interesante la secuencia que busca conectar con otros ejemplos el fenómeno central con que se inicia.

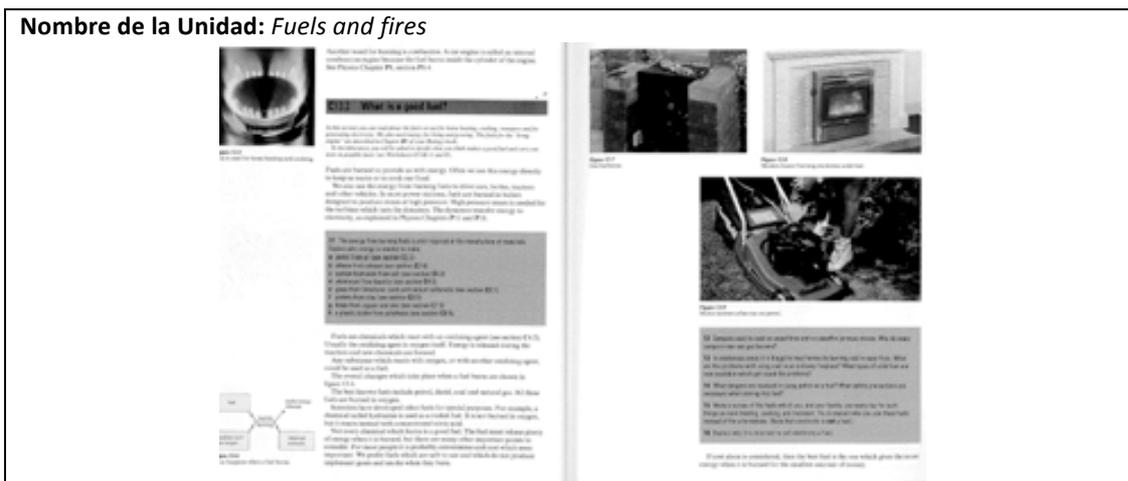


Figura 4.24. Viñeta del proyecto P5.

4.2.2. FASE III. Resultados sobre las maneras de mirar el cambio en los proyectos

A continuación se exponen los resultados en las maneras de mirar el cambio químico en los proyectos revisados. A modo de comparación se grafican las distribuciones en el uso de hechos y de recursos argumentativos, según el contenido presente en las páginas seleccionadas que se corresponden a las unidades respectivas de cada propuesta. Los códigos de la red se han reducen en:

Hechos	Simbología	Recursos	Simbología
Reales (de interés social o individual)	HR	Definición	RD
De laboratorio	HL	Ejemplo	RE
Simbólicos	HS	Descripción	RDe
		Argumentaciones	Ar

Tabla 4.17. Simbología

a) Sobre las gráficas.

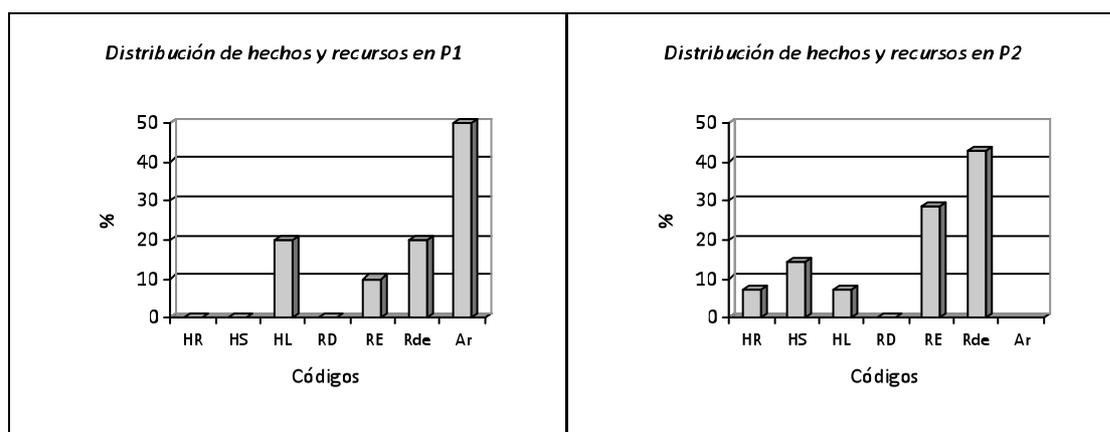


Figura 4.25. Distribución de hechos y recursos en P1 Figura 4.26. Distribución de hechos y recursos en P2

En P1 su retórica muy rica en sus actos argumentativos dando cuenta cada detalle de las interacciones que se producen en del fenómenos sobre el cual ‘se habla’. El sistema cobre-azufre es un hecho de laboratorio-argumentado. No obstante a medida en que se avanza en el proyecto se aprecian más hechos de laboratorio dando una visión de la

química desde ‘adentro. En cambio P2 sus hechos tienen bases en lo real-simbólico-de laboratorio-descriptivo. El fenómeno que se presenta conecta con la biología al abordar los alimentos, la nutrición y la respiración celular.

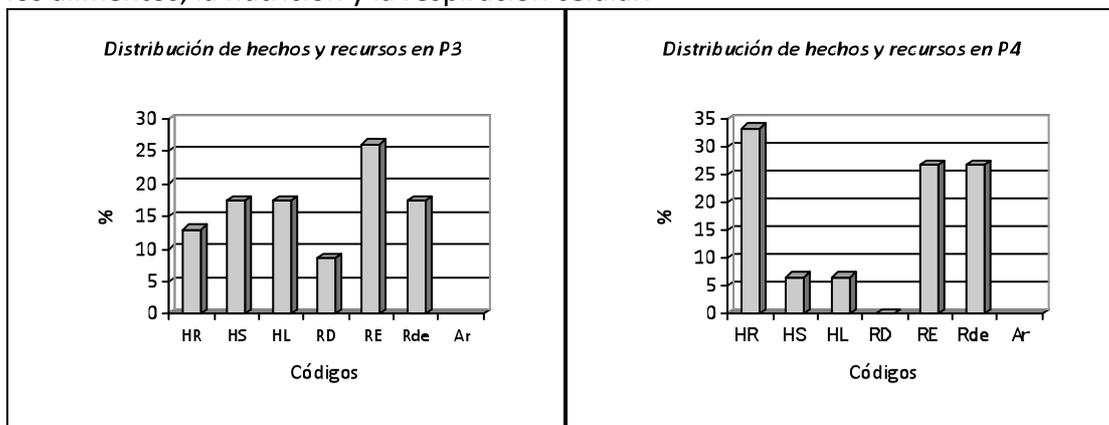


Figura 4.27. Distribución de hechos y recursos en P3 Figura 4.28. Distribución de hechos y recursos en P4

En cambio P3, los hechos y recursos argumentativos para ‘hablar del fenómeno’ son un tanto homogéneos, no obstante no argumenta los fenómenos que selecciona, da la impresión que invita al ‘hacer’ priorizando que el alumno obtenga experiencias en torno a los cambios y comprenda su utilidad. La formación de nuevas sustancias. Por otro lado P4, se caracteriza por tomar un hecho real (del mundo, de interés colectivo) y ejemplificar-describir conjugando con otras historias en clave de historias. No obstante no deja de ser las historias químicas ya revisadas en el currículo.

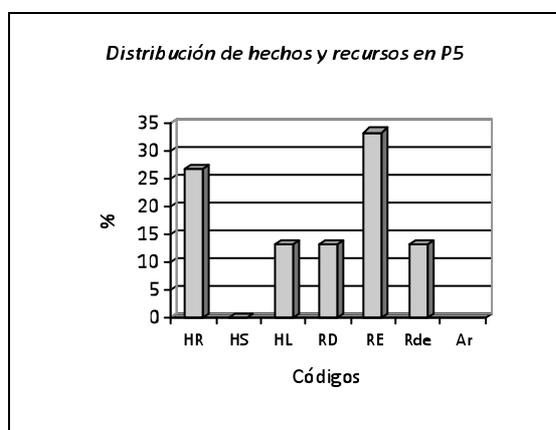


Figura 4.29. Distribución de hechos y recursos en P5

En P5, los hechos reales se ejemplifican, describen y definen co-ordinadamente con otros textos (biología y física de la misma editorial) el o los fenómenos tratados y regresando sobre el fenómeno inicial a través del similares pero visto desde el laboratorio.

b) Sobre los proyectos revisados

De las propuestas revisadas, los componentes que encontramos en común es que de uno u otro modo intentan conectar la química a la vida cotidiana. La cuestión de fondo que si bien, estas propuestas explican que abordan el estudio de ‘temas frontera’ de la química como por ejemplo el estudio de ‘nuevos materiales’ la mayoría de los conceptos

químicos se enseñan como los currículos de los años '70 (p.e. sólidos-líquidos-gases, 'estados ordenados', 'estados desordenados', 'estados entre el orden y el desorden',...).

Se aborda poco o muy poco el estudio teórico de la '*nueva química*': la química de la complejidad, la química supramolecular, la nanotecnología. Los conceptos clave (estructura, energía, información) queda aún por investigar. Tampoco parece que cumplan el objetivo de hacer la química más asequible. La bibliografía nos adelanta que las dificultades de cambiar lo que se enseña en primaria, secundaria y bachillerato podría estar en:

- La química que se enseña en la universidad (formación general, y en formación de maestros) continúa siendo la 'tradicional'.
- Amplitud y variedad de conocimientos necesarios para enseñar a partir del estudio de nuevos materiales.
- Los exámenes de acceso a la universidad.
- Creencias sobre el 'no se puede dejar de enseñar los conceptos de siempre'.
- Falta de investigación en 'Didáctica de la Química'.
- Dificultad derivada de la manera en la que se está 'acostumbrado' a explicitar el currículo, es decir, una dicotomía entre: a) el conocimiento de los materiales concretos, b) el conocimiento de los fundamentos teóricos de la química).

Pese a esto, a su vez, las propuestas han impulsado algunos cambios como:

- Cambian las demandas de las pruebas externas.
- Diseñan 'proyectos', intervienen más recursos, se diseñan equipos entre profesores, científicos y didáctas.
- Se han incluido todo tipo de materiales didácticos: textos, trabajos prácticos, TIC, maquetas.
- Se organiza el soporte permanente al profesorado: proveyendo material para la experimentación, intercambio de experiencias, estímulos e ideas a los alumnos.

Por otro lado, algunos de los problemas más acuciantes que enfrenta actualmente la educación química se están revisando. Se sugiere que si la noción de "contexto" se va a utilizar como base para un nuevo discurso con lo cual aparecen nuevos retos que deberían cumplirse. En la revisión del tratamiento del cambio químico por parte de los proyectos encontramos 2 situaciones:

1. **Un enfoque en reciprocidad entre los conceptos y aplicaciones.** En este punto de vista, no sólo los conceptos están relacionados con sus aplicaciones, sino que las aplicaciones también afectan al significado que se atribuye a los conceptos. El contexto está formado por yuxtaposición de conceptos y aplicaciones. El significado es creado por la adquisición de los aspectos pertinentes a la estructura de los productos químicos conocidos, como una primera variantes (P1)

Como segunda variante de este enfoque se establece un mayor grado de reciprocidad en la relación entre conceptos y aplicaciones, que es parcialmente deducido de la amplia definición de los contenidos utilizado en las propuestas que abordan la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS):

Un contenido CTS en un plan de estudios para la enseñanza de la ciencia se compone de una interacción entre la ciencia y la tecnología, o entre la ciencia y la sociedad, y uno o combinaciones siguientes:

- como artefacto tecnológico, proceso, o experiencia
- como interacciones entre la tecnología y la sociedad
- como una cuestión social relacionada con la ciencia o la tecnología
- como un contenido de la ciencia que arroja luz sobre una cuestión relacionada con la sociedad y la tecnología
- un fenómeno filosófico, histórico, social dentro de la cuestión científica o tecnológica de la comunidad. (Salomón y Aikenhead, 1994, pp. 52/53)

Este enfoque con sus dos variantes proporciona una base en términos de:

- aunque no existe una necesidad evidente para los estudiantes, se valoran los ajustes sociales, espaciales, temporales o marco para una comunidad de práctica,
- el comportamiento del medio ambiente pueden ser de una calidad superior, dependiendo de la comprensión del profesor y de la configuración que se esté usando,
- los estudiantes pueden tener la oportunidad de adquirir un coherente uso del lenguaje (químico), y
- puede ser activado para poder relacionar lo aprendido con aprendizajes anteriores.

En este enfoque se pueden enmarcar en estricto rigor las propuestas descritas en los proyectos P3, P5 y parcialmente P4.

2. **Enfoque en las circunstancias sociales.** Este enfoque sitúa como una entidad cultural en la sociedad. Se refiere a los temas y las actividades de las personas que se consideran de importancia para la vida de las comunidades dentro de la sociedad. Por ejemplo, los avances tecnológicos sobre la modificación genética, la investigación científica llevando a cabo en este campo, y el debate sobre las implicaciones sociales de la consiguiente tecnología. Otros ejemplos son los acontecimientos relacionados con el clima mundial, la alimentación 'saludable' y la obesidad, y la "economía del hidrógeno". Bajo este enfoque, en un curso ocurrirá lo siguiente:

- a) Los profesores y los estudiantes se ven a sí mismos como participantes de una 'comunidad de práctica', con interacciones productivas sobre una base regular. Esta expectativa mutua permitiría a los estudiantes alcanzar zonas de 'desarrollo próximo' y actuar en consecuencia al maestro.
- b) Una tarea de tal naturaleza que facilita la participación de la comunidad docente y estudiantes en una 'verdadera investigación'.
- c) La forma de la tarea (Finkelstein, 2005) debe incluir los problemas que son claras ejemplificaciones químicas sobre conceptos importantes, para permitir a los estudiantes desarrollar un coherente uso del lenguaje químico

- d) Se adoptan disposiciones para la transferencia a los estudiantes a lo que han aprendido a coordinadores de evento a otro evento focal.
- e) Este diseño de un curso es actualmente muy infrecuente requiere, quizá a causa de las demandas de recursos que hace, por ejemplo, en los profesores tanto el conocimiento de materia como el conocimiento pedagógico de contenido (Shulman, 1987).

En este enfoque se pueden enmarcar en estricto rigor las propuestas descritas en los proyectos P2 y parcialmente P4.

Finalmente los fenómenos que abordan los segmentos tratados en los 5 proyectos revisados se consignan en la tabla 4.18.

Cód.	Fenómenos/Libros	P1	P2	P3	P4	P5	Total
P5E4	Combustión de butano y propano					*	1
P5E5	Combustión de carbón					*	1
P5E3	Combustión de esperma					*	1
P5E2	Combustión de etanol			*		*	2
P5E6	Combustión de petróleo					*	1
P5E1	Combustión del $H_2 + O_2$					*	1
P3E5	Descomposición de $CaCO_3$			*			1
P3E7	Descomposición de $NaHCO_3$			*			1
P3E4	Fermentación			*			1
P4E1	Formación de acero				*		1
P3E9	Formación de amoníaco			*			1
P3E6	Formación de PVC $CH_2H_4 + Cl_2$			*			1
P3E1	Formación PTFE $C_2H_4 + F_2$			*			1
P3E2	Formación vidrio $SiO_2 + CaCO_3 + NaCO_3$			*			1
P2E2	Oxidación de la glucosa		*				1
P3E3	Reducción de Fe_2O_3 a Fe			*			1
P2E1	Respiración celular		*				1
P1E1	Sistema cobre -azufre	*					1
Total		1	2	9	1	6	19

Tabla 4.18. Fenómenos abordados en los segmentos de texto seleccionados en los proyectos

Finalmente para conocer la 'lógica' en que se abordan los fenómenos presentados en los proyectos los volvemos a ordenar agrupándolos según su 'proximidad' entre ellos.

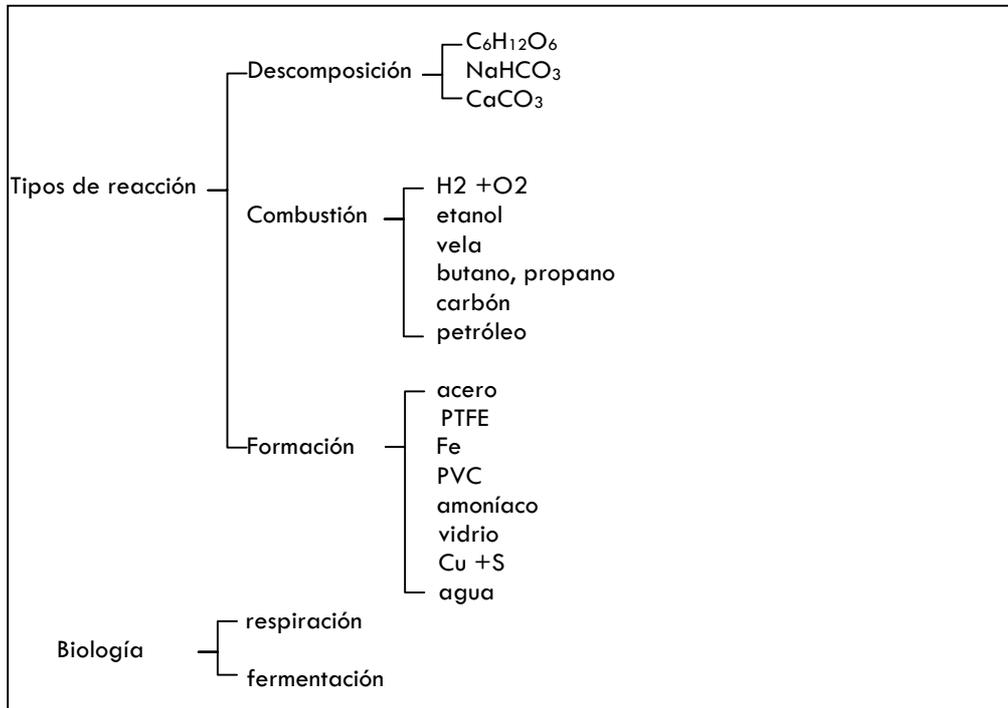


Figura 4.30. Red de fenómenos según la lógica de los proyectos

En la figura 4.30, se aprecia que a diferencia de los textos (figura 4.19) los fenómenos que se abordan en las unidades de proyectos seleccionados son menos, pero se trabajan con una mayor profundidad, pero desde una lógica basada en tipo de reacciones y fenómenos biológicos.

5. Las maneras de mirar el cambio químico en los estudiantes

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de los datos recogidos para lograr el objetivo específico II. Como ya hemos comentado previamente, hemos empleado aquellos segmentos de textos que correspondan al comienzo de la unidad referida al cambio químico. Los resultados se presentan por separado según los focos a abordar: semántico y retórico que se interpretan conjuntamente al final.

5.1 FOCO SEMÁNTICO

Tomando los ejemplos de la revisión realizada por Vanessa Kind (2004) y publicada por la *Royal Society of Chemistry: Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical*, seleccionamos aquellos reportes de investigaciones, incluidos en el trabajo de Kind, las respuestas de los aprendices sobre determinados fenómenos

Se seleccionaron los campos más representativos, es decir, aquellos ejemplos que son abordados en el aula como 'clásicos' en la comprensión del cambio químico. De esta manera abordamos las respuestas de los estudiantes ante los fenómenos expuestos. A continuación en la fase II, presentamos la clasificación por contenido.

La red en la figura 3.9, contiene los elementos desde los cuales miraremos las respuestas de los aprendices sobre cambio químico presentes en los ejemplos de los informes de investigación colectados por Kind (2004). Como resultado de este proceso, pretendemos ofrecer un punto de vista desde el cual hablar sobre los matices en las maneras de mirar el cambio por parte de los aprendices.

A continuación presentamos el desarrollo de esta fase contemplando las etapas de desarrollo propuestas en el capítulo 3 de metodología.

A. El mundo de los procesos químicos

Según Kind (2004) un Cambio Químico ocurre cuando átomos (o iones) son reacomodados como reactivos para formar nuevas sustancias. (Kind, 2004: 23)¹. Con

¹ Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. (p. 23). LearnNet, Royal Society of Chemistry. [Documento en línea] <http://www.rsc.org/education/teachers/learnnet/pdf/LearnNet/rsc/miscon.pdf>

frecuencia, los Cambios Químicos van acompañados por alteraciones en la apariencia física o el color, la producción de gas, luz, calor o enfriamiento. En el estudio del cambio, los estudiantes explicitan sus maneras de reconocer cuando ocurre un cambio químico. A continuación presentamos ejemplos y fenómenos estudiados, abordados por investigaciones en el área, con la correspondiente distribución según la red en la figura 3.9.

Fenómenos:	Sentencia	Código red	Comentarios
Distinción entre un cambio químico y un cambio de estado /	"...La masa se ha fundido y ha llenado [...] el tubo [...] pero los gramos han disminuido. La sustancia se ha fundido por tanto, la masa [...] ha crecido"	E1C11-16	Cambia la forma, porque se ha fundido.
- Calentar CuSO_4 hidratado ²	"...La sustancia cambia de color, masa y estado, por tanto, parece ser obvio que ha tenido lugar un cambio químico" (p. 63)	E2C9-15	Cambia la naturaleza, porque ha habido un proceso
	"El color cambió. Se fue (p.64)"	E3C8	Cambio en la existencia
	"...Cuando la forma molecular se cambia por hacer algo, por ejemplo al añadir o quitar agua"	E4C5-22	Cambia la naturaleza, porque interviene un agente directo
Disolver azúcar ³	"Uno de los compuestos se rompe para formar nuevos compuestos"	E5C8	Cambia la existencia
	"Cambiar a una forma o estado diferente. No es fácil de revertir"	E6C6-11	Cambian las etiquetas, cambian las formas
Sustancia⁴	"Las sustancias intercambian los electrones exteriores entre ellas..."	E7C5	Cambio en naturaleza micro

Tabla 5.1. Distinciones entre cambio químico y físico.

B. El mundo de las sustancias. Entendimiento de la terminología química.



La química como todas las ciencias tiene un vocabulario distintivo con significados muy específicos. Una buena parte de la enseñanza y el aprendizaje de la química consisten en incorporar este lenguaje en forma tal que ayude a los alumnos a desarrollar la comprensión de los conceptos químicos. Ahtee y Varjola (1989) comentan que los estudiantes de todas las edades encuentran problemático el término "sustancia". Los estudiantes intercambian la palabra "sustancia" con "elemento" o "átomo", retomando el ejemplo anterior: "...Las sustancias intercambian los electrones exteriores entre ellas...".

² Brigg, H. y B. Holding (1986). Aspect of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry: Full Report, *Children's Learning in Science Project Leeds*, p.64. University of Leeds.

³ Shollum, B (1981). *Chemical Change: A working paper of the learning in Science Project*. (p. 20). Núm. 27, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.

⁴ Ahtee, M. e I. Varjola (1998). "Students' Understanding of Chemical Reaction", *International Journal of Science Education*, 20 (3), pp. 305-316.

En el enfoque tradicional no se considera el tiempo ni el espacio necesario para desarrollar y consolidar el aprendizaje de una idea antes de que la siguiente se presente. En cada fase se asume que los estudiantes han aprendido como el maestro lo pretende. Por otro lado, la dependencia de los estudiantes de los modelos de la materia continua los lleva a pensar sobre las reacciones químicas de la misma manera. Así, atribuyen a las partículas las propiedades microscópicas de las sustancias, es decir, una partícula (átomo) de sulfato de cobre se vería azul, un átomo de cobre conduciría la corriente eléctrica y así sucesivamente (en términos de Sanmartí *et al*, (1995) sustancializan)

También se confunden los cambios de estado y las disoluciones con cambios químicos. El punto clave es que una reacción química involucra la formación de una nueva sustancia, pero se necesitan ejemplos, imágenes que hagan de esto claros e inequívocos en lugar de requerir el “acto de fe ciega” sugerido por Gensler (1970) para cree que una sustancia recuperada de la solución es la misma que se tenía al principio.

El lenguaje que emplea la química causa confusión. Muchos de los términos que empleamos en química, cada uno de ellos tienen un significado específico. La palabra “sustancia”, por ejemplo, se intercambia por “elemento” y “átomo”. Sanmartí (1997) reporta que la introducción de estos términos, así como a más el de “compuesto” y “mezcla”, antes de que los estudiantes entiendan lo que pasa en una reacción química también crea problemas.

C. Las reacciones en sistemas cerrados

Las reacciones químicas en sistemas cerrados, en las cuales los gases atmosféricos no participan, tienen un lugar en cursos iniciales de química. La comprensión deficiente de los estudiantes sobre las densidades relativas de la materia y el modelo corpuscular crean problemas para que se den cuenta de qué pasa durante estos cambios.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Comentarios
Fósforo y oxígeno Se tiene un pedazo de fósforo inmerso en agua, dentro de un matraz cerrado que se calienta con el sol. Se dice a los estudiantes que el fósforo se enciende y produce un humo blanco que se disuelve en agua. Se les pregunta si la masa total del recipiente y su contenido será igual, mayor o menor que el valor inicial, cuando se	“a pesar de un cambio de forma o estado, el mismo peso está presente” (Driver, 1983, p.165)	E8C11	Cambio en la forma, no hay cambio de masa porque el matraz esta tapado
	“El matraz está cerrado. Nada se añade ni sale” (Anderson, 1984, p. 40)	E9C6	Cambia la etiqueta, el cambio pasa a segundo plano, lo que importa es el sistema (matraz)
	“El humo no pesa / es luz/ es más ligero que un sólido”	E10C11	Cambia la forma y con ello la masa
	“El fósforo / el humo se disuelve en el agua [por ello se hace ligero]”	E11C13-14	Cambia la disposición, por restricción natural
	“El fósforo se quema todo o se destruye”	E12C8	Cambia existencia
	“El oxígeno se acaba cuando ocurre una	E13C8-16	Cambia la

completan todos los cambios que ocurren. ⁵	combustión" (Andersoon, 1984, p. 40-42)	E13C8-16	existencia, porque hay una asociación
	"El humo es más pesado que el fósforo"	E14C9	Cambia la naturaleza descriptiva
	"Cuando el humo se disuelve en agua, el peso aumenta" (Andersoon, 1984, p. 40-42)	E15C9-24	Cambio de naturaleza

Tabla 5.2. Reacciones en sistemas cerrados



De los ejemplos revisados se observa que no se considera la conservación de la masa. Anderson (1984) comenta: "Si un estudiante es capaz de decidir si una cantidad de materia o, más exactamente, la masa, se conserva o no, debe ser capaz de distinguir entre lo que es material y lo que no lo es" (p.45)"

Los alumnos de estos ejemplos, piensan que el humo es un material, ofreciendo una respuesta asociada al principio de conservación, o bien sugieren que el humo es más pesado que el fósforo. Aquellos que han asociado el término "gas" y no piensan que los gases son materiales, darán respuestas no conservativas. Y por último hay quienes también pueden pensar que la materia se acaba cuando ocurre una reacción química y, por tanto, sugerirá que la masa disminuye.

La precipitación



Al mezclar dos soluciones acuosas se puede producir un precipitado-por ejemplo en las pruebas en las que se oxidan azúcares y reducen el ion Cu (II) - los estudios que han usado estos ejemplos han encontrado confusión entre peso y densidad.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Comentarios
Mezclas- soluciones nitrato de plomo y cloruro de sodio ⁶	" Todo se puso turbio"	E16C9	Cambia la naturaleza de la descripción
	"Si esos dos (nitrato de plomo y cloruro de sodio") han reaccionado, se debería de poner claro".	E17C9-23	Cambia la naturaleza de la descripción, porque hay una

⁵ Andersoon, B. (1986). "Pupils' explanations of some aspect of chemicals reactions", *Science Education*, 70, 549-563.

Andersoon, B. (1990). "Pupils' conception of matter and its transformation (age 12-16)", *Studies in Science Education*, 18, 53-85.

⁶ Happs, J. (1980). *Particles: A working paper of the learning in science project*, Núm. 18, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.

Shollum, B (1982). *Reaction: A working paper of the learning in Science Project*. Núm. 37, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.

Tabla 5.3. Mezclas-soluciones

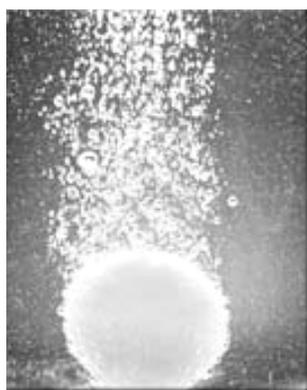
Una precipitación puede ser explicada como resultado de un sistema de ordenación, o un proceso no activo natural. Se pueden considerar dos vías de acción: precipitado sustancia nueva o sustancias que se juntan.

El tratamiento de las disoluciones

Las investigaciones entorno a este concepto se centran particularmente en la conservación de la masa del material.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Comentarios
Disoluciones Agua y azúcar ⁷	“Cuando el azúcar se disuelve en el agua, el azúcar no tiene masa y así sólo hay 1000 g de agua”	E18C6	Cambia la etiquetas
	“El azúcar se descompone, forma un líquido con el agua y entonces pesa menos”	E19C9	Cambia la etiquetas
	“El azúcar se disuelve... el agua como que funde los cristales de azúcar”	E20C11-15	cambia la disposición, porque hay un proceso de asociación
Pastilla efervescente en agua	“Cuando hacen la tableta le ponen un poco de burbujas de aire dentro”	E21C2	Cambia la localización
	“..debe de haber una forma de seguro en ella y así, el aire dentro se esfuerza por salir hacia arriba”	E22C13	Cambia la disposición
	“La pastilla está reaccionado con el agua, se separan el hidrógeno y el oxígeno. Esto los convierte a ambos en gases que se liberan por arriba”	E23C12-23	Cambia la localización, porque hay una interacción

Tabla 5.4. Disoluciones



Los términos “disolver” y “fundir” parecen emplearse como sinónimos y no diferencian de un cambio químico. Las reacciones que comprenden cambios de estado son difíciles de explicar de forma correcta. De manera que los estudiantes pueden razonar que los productos de una reacción de precipitación son más pesados que los materiales al comienzo; y que cuando se produce un gas la reacción pierde algo de su masa total.

A menudo se presenta a los estudiantes reacciones que

⁷ Piaget, J e Inheger, B. (1974). *The Child's construction of quantities*, Routledge & Kegan Paul, Londres.
Driver, R. (1983).

Cosgrove, M. y Osborne R. (1981). *Physical change: A working paper of the learning in Science Project*, Núm 26, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.

Andersoon, B (1984). “Chemical Reaction” *Elevperpektiv Report*, Núm. 12 University of Göteborg, Göteborg.

producen gases. Entonces, ellos pueden asociar de forma automática la producción de gas con la idea de “reacción química”. El explicar como se forma un gas también es problemático: los gases pueden preexistir en los materiales de inicio de una reacción y simplemente son “liberados” cuando una tableta u otra sustancia entra en contacto con el agua. La exposición de las ideas de los estudiantes en la tabla nos muestra una centralización de estas explicación es el resultado por cual no se considera que haya un ‘sistema’ y predomina la interpretación en términos de existencia.

D. El mundo de los procesos químicos en sistemas abiertos.

Los sistemas abiertos que se consideran son, por lo común, los que necesitan oxígeno atmosférico para “oxidar” otra sustancia o para que esta se “queme”. Las ideas de los estudiantes acerca de estas reacciones han sido investigadas entre otros por Shollum (1981a, b, 1982), Andersoon (1984, 1986, 1990), Book, Briggs y Driver (1984), Ross (1987, 1993); Boujaoude (1991), Barker (1995), Watson, Prieto y Dillon (1997), Prieto (2007), Barker y Millar (1999).

Fenómenos	Sentencia	Código red	Comentario
Corrosión clavo de hierro	“Corrosión es la forma de reacción química que tiene un clavo de hierro luego de que se ha dejado en la lluvia”	E24C11-23	Cambia la forma, porque hay una interacción
	“..se provocó una reacción con el agua y una impureza del clavo”	E25C11-23	Cambia la forma, porque hay una interacción
	“El hierro sólo ha reaccionado con el oxígeno del aire, el cual no pesa”	E26C10-16	Cambia la ‘potencia’, porque hay una condición
	“Cuando el clavo se corroe se hace más pequeño”	E27C6	Cambio de etiquetas
	“La corrosión corroe y reduce”	E28C11-20	Cambia la forma, por un agente indirecto
	“[La corrosión] siempre está debajo de la superficie del clavo”	E29C6	Cambio de etiqueta
	“La corrosión hace más pesados a los clavos”	E30C9-20	Cambia la naturaleza descriptiva, por un agente indirecto
	“Se añade agua cuando aparece la corrosión”	E31C24	Cambio de etiqueta, porque hay un objetivo
	“Se añade oxígeno cuando se forma la corrosión”	E32C24	Cambio de etiqueta, porque hay un objetivo
	“Oxígeno y agua se añaden cuando ocurre la corrosión”	E33C24	Cambio de etiqueta, porque hay un objetivo

Tabla 5.5. Procesos químicos en sistemas abiertos

El origen de la corrosión

Los estudios de Andersson (1990), llaman a todas estas explicaciones “modificación”; la corrosión existía antes que el suceso, pero se hizo visible cuando el clavo se puso en el agua. En la red podemos observar que las explicaciones se centran en el proceso el cual puede ser “natural” o “asociativo-condicional”.



Sobre la reacción entre cobre y oxígeno

Los estudios realizados entorno al pensamiento de los estudiantes sobre la reacción cobre y oxígeno, proporcionan los siguientes ejemplos.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Descripción
Tubo de cobre expuesto a una fuente de calor.	“El cobre y el oxígeno reaccionaban”	E34C6	Cambio en la etiqueta (se agrega)
	“Es una oxidación. Aire = oxígeno reacciona con cobre, el óxido de cobre se forma y éste es lo que forma el ennegrecimiento”	E35C1-23	Cambio de entidad, porque hay una interacción

Tabla 5.6. Reacciones entre cobre y oxígeno.

La mayoría de las investigaciones revisadas entorno a las explicaciones en la interacción cobre-oxígeno, dan por hecho un incremento de masa. No obstante sólo se quedan en que ha ocurrido una interacción reacción, pero no son capaces de describir mecanismos.



El tratamiento de la combustión de la lana de hierro



Explicar un aumento de masa cuando se “quema” un material inorgánico tiene sus dilemas. Cuando se aplica calor extremo, los químicos dicen que el hierro se está quemando o entra en combustión en presencia de oxígeno. Los estudiantes predicen el cambio de masa una vez que se ha “quemado” y muchos de ellos sugieren que la masa de hierro debe disminuir luego de calentarla, sugiriendo que un gas o humo debe de escapar y dejar cenizas, menos pesadas que el hierro. La familiaridad de los estudiantes con estudiantes con las cenizas que permanecen luego de quemar materiales como carbón o madera, y que son menos voluptuosas que el material al inicio puede contribuir a estas ideas. En la red los ejemplos los clasificamos desde una perspectiva centrada en el resultado,

que es continuo y sustancializador en su naturaleza, a causa de asignar un determinado material en función de las propiedades al material formado.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Descripción
Aumento de la masa de hierro debido a la reacción con oxígeno	“Debe de permanecer igual porque el polvo está en la fibra y al calentar todo no hay diferencia”	E36C1-6	Cambian cosas y etiquetas
	“La fibra de hierro que se quemó se convierte en carbón. El carbón pesa más”	E37C10-16	Cambia la forma por una condición
	“Forma carbón luego de ponerse rojo al calentar, lo que lo hace más pesado”	E38C7-18	Cambia la existencia por un agente indirecto
	“Viene de quemar carbón, es el hollín que sale luego de quemar”	E39C1-25	Cosas que cambian por un proceso

Tabla 5.7. Reacciones entre el hierro y el oxígeno.

El tratamiento de la combustión de una vela

Las ideas de los alumnos sobre la combustión de velas han sido exploradas por varios autores (Shollum, 1981a; Meheut et al, 1985; Boujaoude, 1991 y Watson et al, 1997). Algunos de las ideas encontradas las traemos a discusión.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Comentarios
Combustión de una vela	“Pequeñeces que arden...bacterias muy pequeñas...oxígeno del aire...partículas de hidrógeno del aire”	E40C1	Cosas que cambian
	“El oxígeno alimenta al fuego y mantiene a la vela quemándose”	E41C6-22	Cosas que cambian, por un agente indirecto

Tabla 5.8. Reacción entre la vela y el oxígeno.



La dificultad reside en la “invisibilidad” del oxígeno, los sentidos de los estudiantes les sugieren que sólo ocurre un cambio de estado. Los estudios demuestran que en conocimiento de ‘modelos de partículas que forman la materia’ y pueden contribuir al desarrollo de este modelo de “cambio de estado” para la combustión. No se cuenta con el oxígeno en este fenómeno. Por otra parte, incluyen dentro de estas ideas que la naturaleza el oxígeno es alimentar el fuego.

El tratamiento de la combustión de Butano

Este ejercicio consiste en encender un mechero, luego pesar por diferencia y explicar que es lo que sucede. La explicación más común es que ocurre una combustión. Boujaoude (1991) y Shollum (1981 a, b) han documentado estas experiencias, aquí encontramos:

Fenómenos	Sentencia	Código red	Comentarios
Combustión de butano	“El gas se consume, las llamas se comen el gas...Éste se agota y entonces se eleva en forma de pequeñas partes”	E42C13-14	Cambia la disposición, por una restricción
	“Se convierte en calor o en ondas calientes”	E43C5	Cambia la naturaleza

Tabla 5.9. Reacción entre el butano y el oxígeno



Las explicaciones giran en torno al origen del calor y la llama. Como algunos alumnos emplean esta reacción diariamente al calentar o cocinar, la respuesta de más sentido común para ellos es “el gas se convierte en calor”.

En nuestra red estas ideas las podemos clasificar desde un intento por parte de los estudiantes de explicar más bien el proceso que el resultado, donde el agente gas es causal del cambio.

El tratamiento de la combustión de la gasolina

Esta experiencia se basa en predecir la masa de los gases que salen del tubo de escape de un coche cuando se han gastado 50Kg de gasolina del depósito. Las respuestas pueden compararse con el ejemplo de conservación de masa en sistemas cerrados.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Descripción
Combustión de gasolina	“La gasolina se mezcla con el aire y se vuelve más pesada”	E44C1	Cosas que cambian
	“Aun si no se convierte en líquido debe de pesar mucho”	E45C1	Cosas que cambian
	“El gas es más ligero que la gasolina (agua), así que, si sólo tenemos 50 kg de gasolina y se transforma en gas, éste debe ser más ligero...”	E46C9-15	Cambia la naturaleza de la descripción, por un agente indirecto
	“Es menos de 50 kg porque parte de la gasolina se transformó en calor y energía cinética”	E47C8-18	Cambia la existencia, por un agente indirecto

Tabla 5.10. Reacción entre la gasolina y el oxígeno

Baker (1995) y Baker y Millar (1999) dan cuenta que la respuesta más recurrente “todo lo que entra tiene que salir”, al igual que no se menciona el papel del oxígeno. Aunque la pregunta de la gasolina puede ser problemática, es también una forma válida para probar el pensamiento de los estudiantes en sucesos cotidianos. En el rol de las relaciones, el agente “gasolina” se “transforma” en gas. Acabada la transformación ocurren nuevos acontecimientos.

El tratamiento de la combustión del alcohol

Fenómenos	Sentencia	Código red	Descripción
Combustión de alcohol	“...cuando el alcohol arde, el alcohol se convierte en vapor, usted pudo verlo, cuando hacíamos el experimento, usted ponía un vaso encima y al levantarlo olía a alcohol (Hierrezuelo y Montero (1988))”	E48C13-16	Cambia su existencia, por un agente indirecto

Tabla 5.11. Reacción entre el alcohol y el oxígeno



Hierrezuelo y Montero (1988) dan cuenta de sobre las explicaciones de los alumnos sobre la combustión del alcohol. En el rol de las relaciones del agente “alcohol” se “transforma” en gas.

El mundo de los ácidos, bases y neutralización

Varias investigaciones entre la cuales se encuentran Cros *et al.* (1986, 1988); Hand y Treagust (1988); Ross y Munby (1991); y Nakhleh (1992) han analizado las ideas de los estudiantes acerca de la naturaleza de los ácidos, las bases y la neutralización. Los estudiantes piensan en los ácidos y en las bases como agentes activos que dañan la piel y otros materiales. Esta idea se desarrolla a partir de pensar en los ‘ácidos’ como algo peligroso. Los dibujos animados refuerzan esta idea mostrando a científicos haciendo agujeros en los bancos con ácidos. No se perciben los ácidos como sustancias formadas por partículas, sino como materia continua con propiedades especiales. En lugar de considerar la neutralización como una reacción entre un ácido y un álcali, los estudiantes perciben esto como eliminar las propiedades de los ácidos. El álcali puede detener la acción de un ácido o, alternativamente, el ácido puede estropearse. También los estudiantes tienden a encontrar a los ácidos antes que los álcalis en la educación no formal. Por tanto, las ideas sobre los últimos están relativamente poco desarrolladas. Aunque los álcalis diluidos son de hecho mucho más ‘corrosivos’ que los ácidos diluidos, las percepciones de los estudiantes son que los álcalis no tienen propiedad corrosiva alguna, que más bien actúan para que los ‘ácidos’ no se ‘coman’ otro material, los consideran ‘antiácidos’.

Fenómenos	Sentencia	Código red	Descripción
Ácidos y bases	“Un ácido es algo que se come un material o que te puede quemar.”	E49C10-23	Cambio en la naturaleza de la descripción por una interacción
	“Probar que algo es un ácido sólo se puede hacer viendo si se come algo.”	E50C10-23	Cambio de potencia, por una interacción
	“La neutralización es la descompostura de un ácido o algo que cambia del ácido.”	E51C9	Cambio en la naturaleza de la descripción
	“La diferencia entre un ácido fuerte y uno débil es que el ácido fuerte se come el material más rápido que uno débil.”	E52C10	Cambios de ‘potencia’
	“Una base es algo que repara a un ácido.”	E53C13-23	Cambio en la disposición por una interacción

Tabla 5.12. Reacción entre un ácido y una base

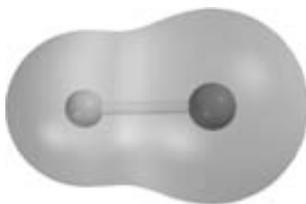


La idea de que los iones hidrógeno son responsables del comportamiento ácido es algo muy conocido, por lo menos entre muchos estudiantes de 16 años. Las reacciones ácido-base aparece en la mayoría de los cursos de química en secundaria. Sin embargo, un modelo común para el comportamiento ácido parece ser que los iones hidrógenos permanecen en la molécula e ‘intercambian compañeros’ o son ‘desplazados’ de la molécula mediante una reacción con un álcali o un metal. Un experimento muy común es investigar la naturaleza ácido-base de las sustancias cotidianas usando indicador universal. Así, los estudiantes averiguan que la pasta de dientes, la levadura en polvo, el jabón, el vinagre y otros artículos domésticos tienen una propiedad específica que ‘etiquetamos’ como ácido o base. Pero no parece que esta actividad influya en sus ideas sobre los ácidos y las bases.

El mundo del enlace químico

Fenómenos	Sentencia	Código red	Descripción
Distinción entre enlace covalente sencillo y dobles en moléculas de metano, eteno y agua	“..el C y el H son más estables como CH ₄ ”	E531-6	Cambian cosas y etiquetas
	“El carbono necesita 4 enlaces.”	E54C6	Cambian etiquetas
	“Los átomos se amarran...”	E55C6	Cambian etiquetas

Tabla 5.13. Distinción entre enlaces.



Las ideas de los estudiantes entorno al enlace químico y sus dificultades en la enseñanza se enmarcan, principalmente en: el comportamiento de los compuestos iónicos como moléculas sencillas, el elemento central (el primero) de una fórmula es el responsable de la formación de enlaces; extensión una consecuencia de la idea de que los átomos ‘quieren’ formar enlaces es que los átomos deciden si van a construir esos enlaces. Sólo hay dos tipos de enlaces (covalente e iónico) y finalmente los enlaces covalentes son más débiles que los enlaces iónicos.

5.1.1. Resultados

A) Resumen de los ejemplos abordados

Los 56 ejemplos de 'maneras de mirar' de un aprendiz sobre el Cambio Químico se distribuyen través de los 26 ítems de la red, bajo la clave qué cambia y porqué cambia. En el anexo 1 se encuentra todos los ejemplos. Su distribución en la red se representa en la figura 3.j.

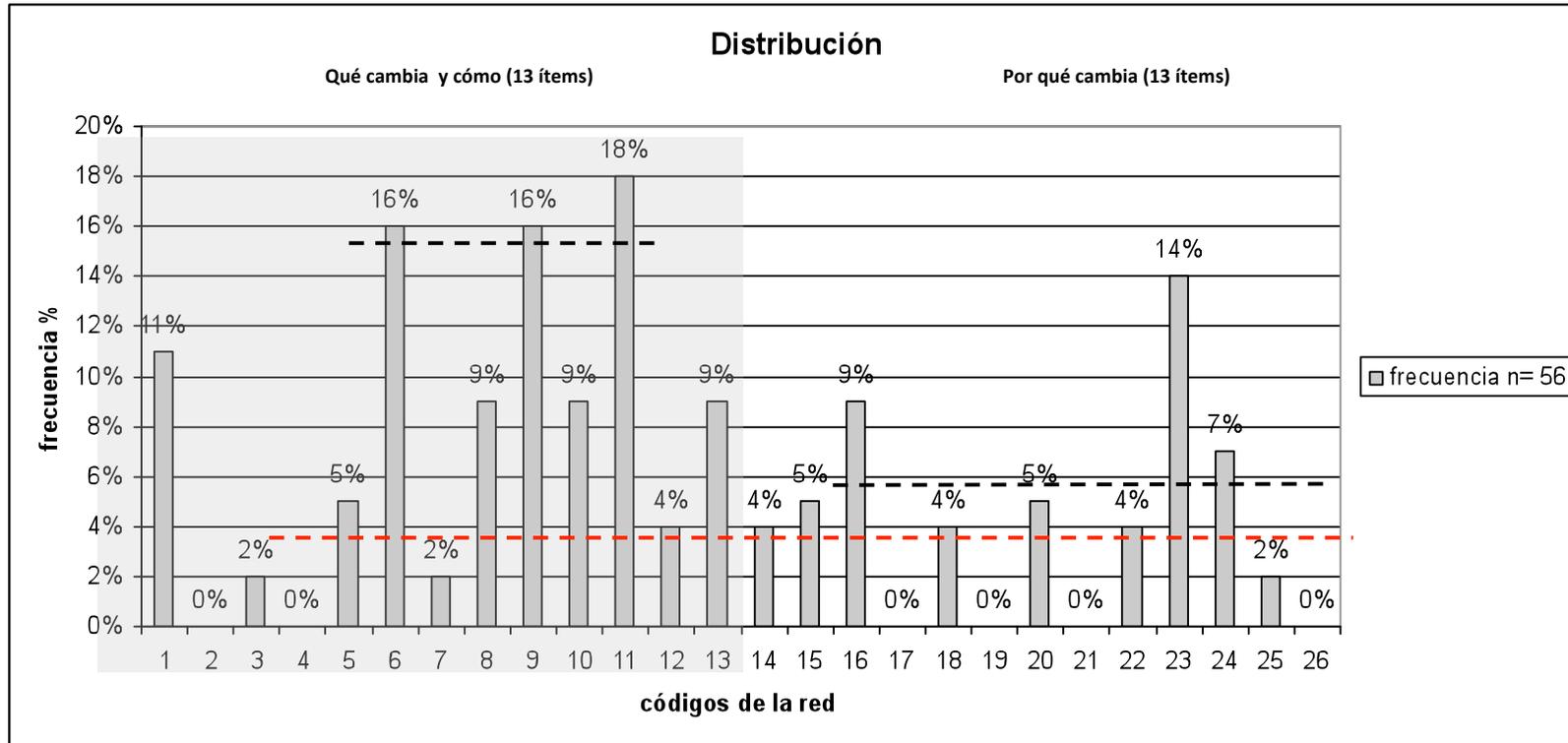


Figura 5.1. Distribución porcentual, según frecuencias de los códigos de la red

Los fenómenos y explicaciones revisados a través de la red de la figura 3.j, se distribuyen mayoritariamente en:

- El cambio ocurre *en*:
 - Cosas
 - A nivel micro según su naturaleza
 - Sólo se nombra u etiqueta
 - Dejan de existir
 - Su naturaleza
 - Potencia
 - La forma
 - Disposición
- El cambio ocurre *porque*:
 - Hay un proceso que es de origen natural
 - Hay una condición de carácter asociativa
 - Hay un agente directo impulsado por una acción indirecta
 - Un interacción
 - Hay un objetivo

Para finalizar la fase III realizamos un reajuste de la red eliminando los códigos que no han tenido ejemplos. La red nos queda según la figura 5.b.

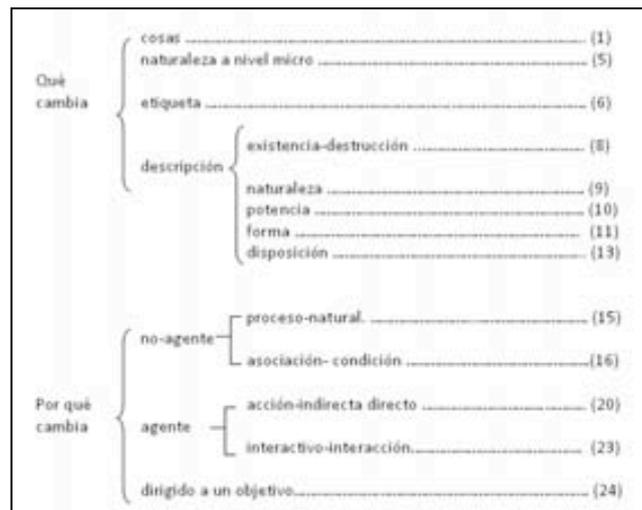


Figura 5.2.Nueva red, según los filtros y decisiones establecidas.

Esta red (figura 5.2) contiene los tipos, los agentes y el rol de la relación en la aproximación entre fenómenos y su interpretación. Las conexiones-relaciones que emergen *a posteriori* de “filtrar” los ejemplos seleccionados, se centran particularmente en:

- **Qué cambia:**
 - Cosas, sin especificar, sin posicionamiento de una entidad en concreto.
 - La naturaleza de la entidad a nivel micro. La explicación giran entorno al comportamiento del átomo.
 - Algo que se identifica con un cambio.
 - Descripciones sobre ‘destrucción’ de una entidad

- Descripciones sobre como cambia la naturaleza de la entidad
 - Descripciones entorno a sustancializar la ‘potencia’ de la entidad
 - Descripciones entorno a la disponibilidad de la entidad.
- **Por qué cambia:**
 - La causa no se debe a un agente en concreto que forma parte de un proceso natural
 - La causa no se debe a un agente en concreto, pero está asociada a una condición.
 - Hay una causa indirecta a causa de un agente directo (externo)
 - Hay una causa, que es la interacción
 - El objetivo es la causa del evento.

A. Resumen sobre los tipos de transformación

En esta sección se ha argumentado que las transformaciones de los materiales pueden ser consideradas como pertenecientes a unas u otras categorías, distintas en función de lo que se va a modificar y lo que permanece constante durante el cambio. Sin embargo, como hemos mencionado con anterioridad, las explicaciones de los ejemplos a menudo son ambiguas. La explicación debe considerarse en su conjunto, y una primera vista del tipo de transformación que le atribuye puede tener que ser confirmada por la pregunta. Así al revisar los 56 ejemplos tenemos que:

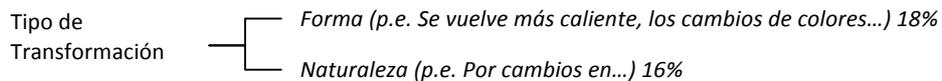


Figura 5.3. Resumen sobre los tipos de transformación.

Respecto a la *forma* la mayoría de los ejemplos se han catalogado dentro de alteraciones de color, tamaño, temperatura, etc., donde el nombre original de la entidad ha cambiado. En la categoría *naturaleza* los ejemplos que se contienen hacen referencia a alteraciones de propiedades.

B. Resumen sobre nombrar el cambio

En los ejemplos abunda el nombrar la actividad (cambio) aunque no hay explícitamente que ocurre a la entidad, ni que ocurre finalmente con ella. Por ello, denominamos simplemente etiquetar (nombrar).

C. Resumen de los caracteres causales

El carácter causal descrito anteriormente se resume a continuación junto con un ejemplo. Así las categorías que predominan son:

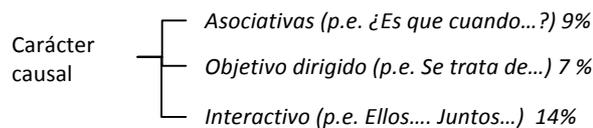


Figura 5.4. Resumen sobre el carácter causal

Por último, debemos recordar una vez más que en la misma manera que una persona puede usar más de un tipo de transformación para caracterizar un fenómeno, él o ella también podrán recurrir a diferentes tipos de caracteres de causalidad, según las circunstancias. Por ello las dimensiones *que cambia* y *por qué* es una manera de poder catalogar las explicaciones. Si pudiéramos cristalizar una visión más dinámica de esta situación, podríamos representarla mediante la figura 5.5.

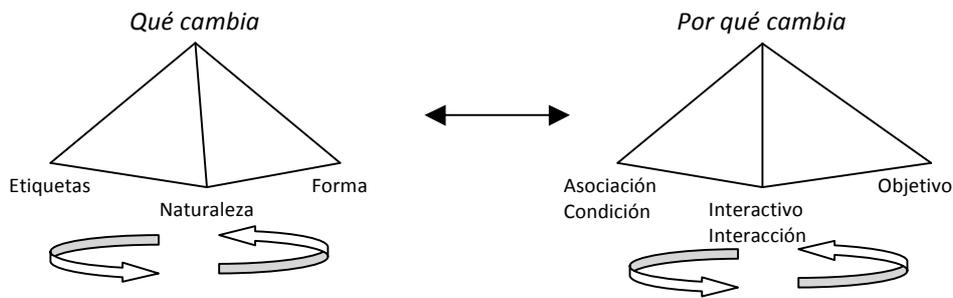


Figura 5.5. Visualización de una 'dinámica' para las maneras de mirar el cambio químico interpretadas desde la gramática funcional.

El *cómo cambia* y el *por qué cambia* son los ejes de giro, si postuláramos una dinámica recursiva. A nuestro juicio creemos que no hay prevalencia en una sola categoría. Aunque la red contenía 26 códigos ('estadios') según tipo de transformación y agentes causales sólo 6 son los más notables. Estos marcadores (6) contienen en general las maneras de mirar de los aprendices en cuestión, a la hora de dar cuenta sobre el fenómeno que se podría explicar desde la química. No podemos establecer ordinalidad para los marcadores. Según lo anterior la actividad de explicar tiene un carácter recursivo. La figura 5.1, que representa distribución y la figura 5.5, la dinámica en las maneras de mirar el cambio, son una manera de categorizar las explicaciones sobre el cambio químico. A causa del carácter recursivo y dinámico de la actividad de explicar, proponemos zonas u 'espacios' semánticos que podrían representar los 3 mundos en los que se moverían la explicación química y los fenómenos. Si en el tratamiento de las explicaciones desde una perspectiva de gramática funcional emergiera un lenguaje metafórico, este sería fruto de tres mundos: del lenguaje, de experiencia y de la representación mental (tabla 5.14). Para ejemplificar lo que estamos diciendo, nos referiremos inicialmente sobre: un mundo de sus representaciones, en el cual coexisten las entidades teóricas y los conceptos químicos, el mundo de la experiencia, donde se encontrarán los objetos, los fenómenos y las acciones que se realizan sobre ellos y un mundo del lenguaje donde se da significado al constructo 'cambio': el qué y el por qué expresado en términos específicos.

Una segunda idea que surge es que a la dimensión *qué cambia* presenta situaciones que podríamos relacionarlas a un nivel macroscópico. Entrar en la dimensión del *por qué cambia* comportaría moverse en lo microscópico y simbólico. Así la interpretación que se otorgamos a las relaciones entre el Mundo del Lenguaje (su significación y experiencia) sobre los cambios se ven en clave de etiquetas y asociación; el Mundo de la experiencia (objetivos y fenómenos), donde el cambio está en la forma y el objetivo;

y finalmente en el Mundo del modelo (sobre las entidades) según el cual, el cambio se ve desde la naturaleza y la interacción, según como se muestra en la tabla 5.14.

	Mundo del lenguaje	Mundo de la experiencia	Mundo de sus representaciones
Significación en el lenguaje, experiencia	- Qué cambia: las etiquetas (16 %) - Por qué cambia: condición-asociación (9%)		
Objetos y fenómenos		- Qué cambia: las formas (18 %) - Por qué cambia: objetivo (7%)	
Entidades			- Qué cambia: naturaleza (16 %) - Por qué cambia: interacción (14%)

Tabla 5.14. Relación entre los espacios “mundo” y las maneras de ver el cambio químico desde el eje semántico.

Si regresamos a tratamiento de los fenómenos y como no todos dicen el por qué cambia, priorizaremos el ‘cómo cambia’. De este modo nos queda una nueva red que nos presenta la ‘lógica’ que manifiestan los alumnos y podemos comparar a partir de la que se genera en la sección dedicada a los libros y proyectos (capítulo 4).

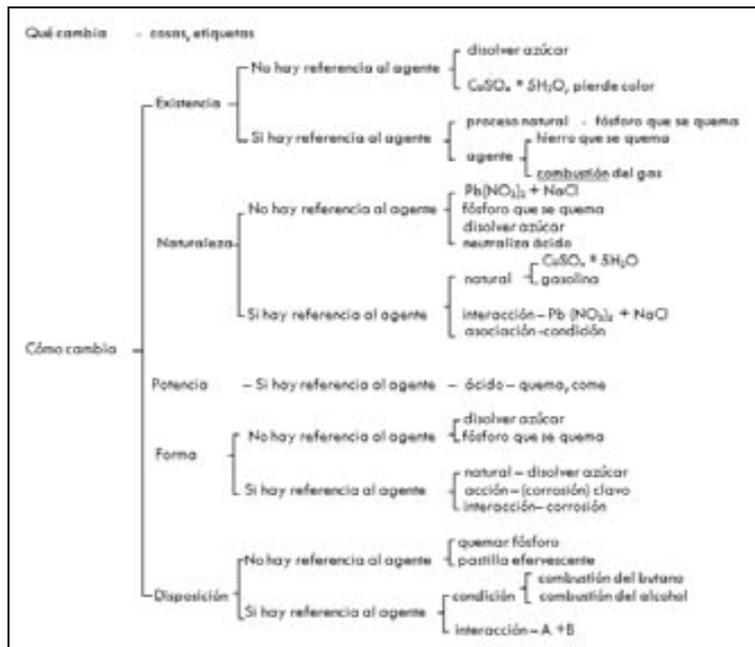


Figura 5.6. Red que ordena los fenómenos según la lógica de los alumnos

5.1.2. Síntesis de esta sección

Los ejemplos abordados hasta ahora, mirados a través de la gramática funcional, centradas en unidades estructurales, sugieren algunas conexiones entre palabras y pensamiento. Allan (1997), Bybee (1985), Carter (1976, 1988), Deny (1976) y Pinker (1989) establecen que la causalidad no es más que uno de varios tipos de *topos-de-*

significado que siguen asomándose en las lenguas del mundo en un *espacio* gramatical u otro. Estos espacios ofrecen clases y microclases, prefijos, sufijos y otras palabras gramaticales (como las preposiciones, las conjunciones y los auxiliares). Según los autores señalados, los conceptos que se asoman por estos espacios, podrían caer en una lista bastante corta, más o menos en las siguientes líneas:

- a. Un elenco de conceptos básicos: *suceso, estado cosa, sendero, lugar, propiedad, manera.*
- b. Un conjunto de relaciones que enredan estos conceptos con otro: *actuar, ir, ser, tener.*
- c. Una taxonomía de entidades: *humano frente a no humano, animado frente a inanimado, objeto frente a materia, individual frente a grupo, flexible frente a rígido, unidimensional frente a bidimensional frente a tridimensional.*
- d. Un sistema de conceptos espaciales para definir los lugares y los senderos, como los significados de *sobre, bajo, en y hacia.*
- e. Una línea temporal que ordena los sucesos, y que distingue entre puntos *instantáneos, intervalos delimitados y regiones indefinidas.*
- f. Una familia de relaciones causales: *causar, dejar que, permitir, impedir, dificultar, estimular.*
- g. El concepto de un objeto, y la distinción entre los medios y los fines.

Por conveniencia de estos autores, éstas palabras serían las más importantes del pensamiento. El inventario completo de los pensamientos humanos es, evidentemente, mucho mayor de lo que hemos dicho y por el momento no es de interés en este trabajo. Pero si sería interesante contar con un inventario del pensamiento sobre el cambio químico. Un símil podrían ser las reglas de juego del cambio químico. Para ejemplificar lo que estamos diciendo, si tomamos el verbo *quemar*, un aprendiz tendría que de contener una representación de (según Real Academia de la Lengua Española):

1. tr. Abrasar o consumir con fuego.
2. tr. Calentar mucho.
3. tr. Destruir por la acción de una corriente eléctrica o de una tensión de calor excesivo.
4. tr. Secar una planta a causa del excesivo calor o frío.
5. tr. Dicho de una cosa caliente, picante o urticante: Causar una sensación de ardor.
6. tr. Dicho del sol: Producir heridas en la piel.
7. tr. Dicho de una cosa cáustica o muy caliente: Hacer señal, llaga o ampolla.
8. tr. Destilar vino en un alambique.

Si bien estas y otras innumerables distinciones sensoriales, cognitivas y emocionales son invisibles, una parte de la mente ve los verbos como sinónimos y otros como antónimos, entonces ¿cómo los utiliza en una construcción gramatical? Y si esto es así, entonces, ¿cómo estructurar una asignatura que proporcione una ‘animada conversación’ en la cual se reflexione sobre todas estas representaciones? No obstante, las personas y las sustancias específicas, influyen sobre el estado de la mente

del hablante: la velocidad de un objetivo en movimiento, la simetría, color y género de los participantes; y las propiedades físicas del enclave en cuestión (la temperatura, si sucede dentro o fuera, si tiene lugar en la tierra, en el aire o en el mar). Las distinciones conceptuales básicas se ensamblan en un armazón de significados que tienen ganchos aquí y allá para colgar imágenes, sonidos, sentimientos, películas mentales y otros contenidos de la conciencia. Cristalizar estas ideas corresponde a una reflexión desde otra disciplina como la retórica.

5.2. EJE RETORICO

Los ejemplos explorados provienen del primer eje revisado (eje semántico). Siguiendo un proceso similar al eje semántico, se procedió a reinterpretarlos según los paradigmas de la red sistémica que ofrecen Izquierdo y Márquez (2004). De este modo recursivo volvemos nuevamente a mirar los 56 ejemplos pero ahora en clave de la red de la figura 3.k. En el anexo 2 se encuentra la tabla general con los marcadores y distribución de los ejemplos establecidos según las viñetas. En la figura 3.k, se presenta la distribución de los ejemplos en los códigos de la red.

5.2.1. Resultados

En la figura 3.k, se presentan dos dimensiones centrales. La primera hace referencia a sobre aquellos *hechos* a los que se pone mayor énfasis. Así los hechos que abundan en un contexto cotidiano del tipo real o familiares como: azúcar, clavo, entre otros. Por otro lado, también se encuentran hechos que son reproducibles en el laboratorio, principalmente reactivos y materiales. En el caso de los recursos en su mayoría corresponden a descripciones, coincidiendo así con los referentes teóricos abordados en el primer eje, con lo que respecta a los trabajos de Brosnan (1990) y Andersson (1990). Si bien es la primera lectura que podemos hacer a estos datos, una segunda reflexión sobre los mismos versa sobre la particularidad que los aprendices no eligieron por sí mismos los hechos, sino que ya venían dados. Por tanto los hechos son particularmente en cotidianos y de laboratorio. En cuanto a los recursos, la catalogación realizada concuerda con el trabajo de Anderson (1990) sobre el tipo de explicación (IV) de carácter descriptivo (93 %).

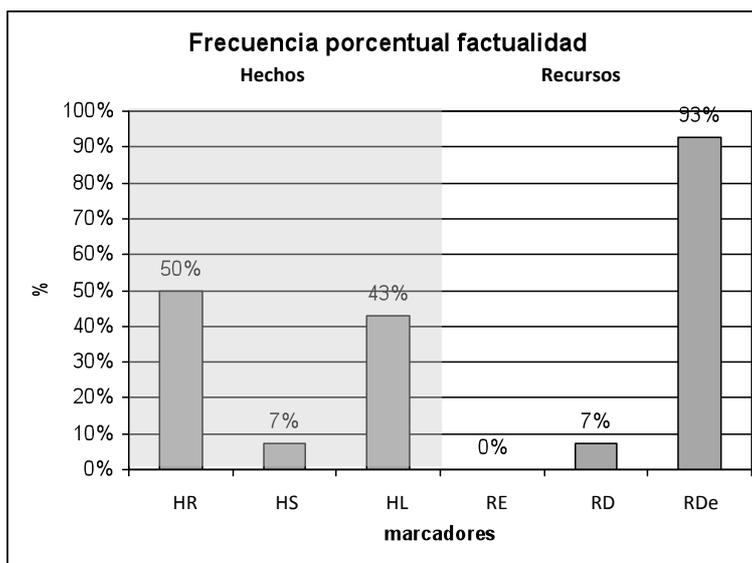
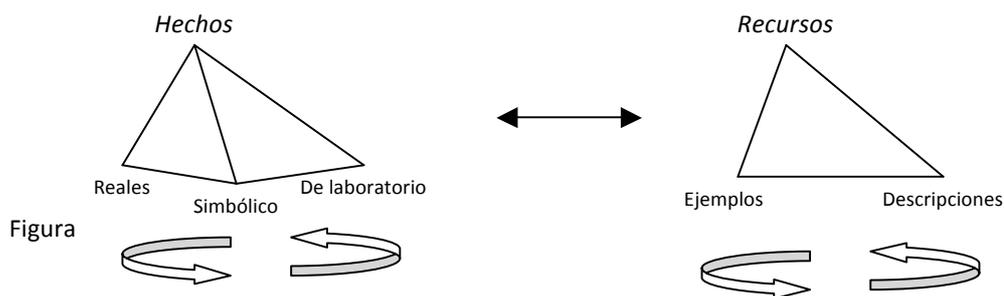


Figura 5.7. Distribución porcentual, según frecuencia de los códigos de la red

En la gradilla de resultados (anexos, tabla 2) aparecen todos los ítems de la red sistémica. Queriendo dar una visión dinámica al ‘proceso de mirar desde la retórica’, representamos esta idea en la figura 5i, tal como se hizo en la figura 5e para el eje semántico regresamos al igual que en la figura 5.e para poder representar esta idea.



5.8. Visualización de una ‘dinámica’ para las maneras de mirar el cambio químico desde la retórica.

La figura 5.7, muestra la relación entre la interpretación de los eventos y la técnica empleada al comunicarla (en el acto de persuasión para dar explicar el fenómeno). Sobre la dimensión *hechos* giran los eventos reales, simbólicos y de laboratorio, mientras sobre la dimensión *recursos* lo hacen los ejemplos y las descripciones. Al igual que en el eje semántico, la catalogación de las explicaciones a los fenómenos desde la retórica se representan en la figura 5.7.

La observación de la tabla 2 (anexos), muestra que los elementos presentes en todos los ejemplos, independiente de la edad de los estudiantes, se refieren a objetos reales y de laboratorio (mundo de la experiencia) quedando minoritariamente el simbólico (mundo del modelo-representación). A nivel de gestión de los recursos, es primordial la descripción (mundo del lenguaje). En un intento por conectar estos mundos, inicialmente podríamos adelantar que en el mundo del lenguaje se establecerían los hechos simbólicos y las definiciones, mientras que en el mundo de la experiencia correspondería los hechos de laboratorio y su particular dominio a través de ejemplos

y finalmente el mundo del modelo, los hechos ‘reales’ y las descripciones de las entidades, según lo que intentamos cristalizar en la tabla 5.15.

	Mundo del lenguaje	Mundo de la experiencia	Mundo de sus representaciones
Significación en el lenguaje, experiencia	Los hechos son simbólicos (7%) y los recursos deberían ser las definiciones (0%)		
Objetos y fenómenos		Los hechos son de laboratorio (matraces, fósforo; 43%) y los recursos son ejemplos (7%).	
Entidades			Los hechos son reales (clavo, vela; 50%) y los recursos son las descripciones (93%)

Tabla 5.15. Relación entre los espacios “mundo” y las maneras de ver el cambio químico desde el eje retórico.

5.2.2. Síntesis de este apartado

Los ejemplos abordados hasta ahora, mirados a través de la retórica, nos sugieren que los hechos que se presentan al alumnado deberían generar familias de ejemplos que permitan colgarlos más tarde del modelo cambio químico., es una vía a lograr.

Para conectar los ejes y proporcionar una visión global al tratamiento de discurso químico abordado hasta aquí, presentamos un nuevo eje que conectará los dos anteriores.

5.3. SÍNTESIS DE LAS MANERAS DE MIRAR DE LOS ESTUDIANTES

Lo que hemos hecho hasta aquí es una reinterpretación de las ideas de los alumnos sobre fenómenos químicos cotidianos a partir del enfoque propuesto por Brosnan. Las preguntas que se formulan los estudiantes se refieren a los fenómenos, mientras que lo que se les explica de química en la escuela es la estructura de la materia, de la cual se van a deducir los cambios. Por ello se puede comprender que las respuestas / explicaciones que se elaboran no se configuran en general desde el enfoque de la clase, sino a partir de lo que se ve: los materiales en acción. Esta ‘actividad material’ se expresa tal como es habitual en el lenguaje: mediante frases con un verbo (se hace algo), un sujeto (alguien lo hace) y predicado (condiciones que se dan para que se dé la acción). Lo que ocurre es que estos ‘agentes’ y ‘acciones’ emergen del sentido común y no que son las entidades estructurales de la materia tal como las propone la disciplina química. Esto es lo que propone en evidencia el informe de Brosnan y por esto nos a parecido útil. Con ello aparece un ‘nicho’ en el cual tiene sentido desarrollar una ‘nueva’ programación para la enseñanza de la química a partir de la modelización de los mismos fenómenos que promueven ‘ideas alternativas’. Es una perspectiva razonable ya que vemos que los alumnos hacen cosas sobre el mundo e interpretan de

alguna manera lo que hacen; y lo expresan mediante lo que llamaremos 'gramática de la acción'. Lo que hemos querido enfatizar aquí es la incorporación de la acción a la conceptualización, y los problemas de interpretación que comporta (genera).

El tipo de fenómenos (ejemplos) que abundan o a los que se recurre son de combustión; y que precisamente estos ejemplos no tienen un lugar destacado en la programación oficial (currículum). Y que casualidad que de muchos de estos ejemplos nos nutrimos para realizar nuestra propuesta (apartado 3), principalmente porque son fenómenos que permiten una acción de los propios alumnos, que pueden así desviar la atención desde 'lo que hacen los materiales' a lo que hacen los químicos guiados por las reglas de juego prácticas y teóricas.

No se estudian fenómenos en química; se estudian conceptos, que se derivan de la teoría atómico-molecular de la materia (Ogborne et al, 1996, p. 31). Es interesante hacer notar que los estudios sobre las concepciones preguntan sobre fenómenos cuando muchos de ellos intentan contrastar el cambio conceptual con los fenómenos a priori, no permite llegar muy lejos, a no ser que se haga una contrapropuesta en la cual se parta de los fenómenos sobre los cuales se pueda actuar y no desde la pura inducción. Con ello configuramos una perspectiva para la enseñanza de la química que emerge desde los fenómenos, que permiten pensar, y en los cuales se puede intervenir a través de las reglas del cambio químico.

En este bloque sobre las ideas de los estudiantes sobre el cambio químico hemos tratado enfatizar las siguientes cuestiones:

- a) Hay una serie de hechos, y una manera de hablar espontánea sobre estos hechos: hablar sobre las cosas que les pasan a los materiales. Y debemos emprender una acción modelizadora, con la ayuda del lenguaje al que reconocemos una dimensión metafórica. Marie Jo Nye (1993) nos recuerda que no debemos de olvidar que el lenguaje de la química y de los científicos en general es metafórica. Es imprescindible tenerlo en cuenta si deseamos partir desde una conceptualización de la acción hacia un mundo diferente, abstracto. Por ejemplo, la química está llena de dicotomías ácido-base, positivo-negativo, acción-reacción.
- b) Enfatizar en el estudio de una química a través de los fenómenos y sus cambios nos aportaría: una auténtica actividad química y he aquí donde queremos poner nuestro énfasis.
- c) Y por último está la idea de una programación sobre química que permita a maestros de primaria e infantil a enfrentarse a lo que no saben, desde lo que saben y piensan.

En este bloque sobre las ideas de los estudiantes sobre el cambio químico termina con una catalogación de fenómenos y sus cambios.

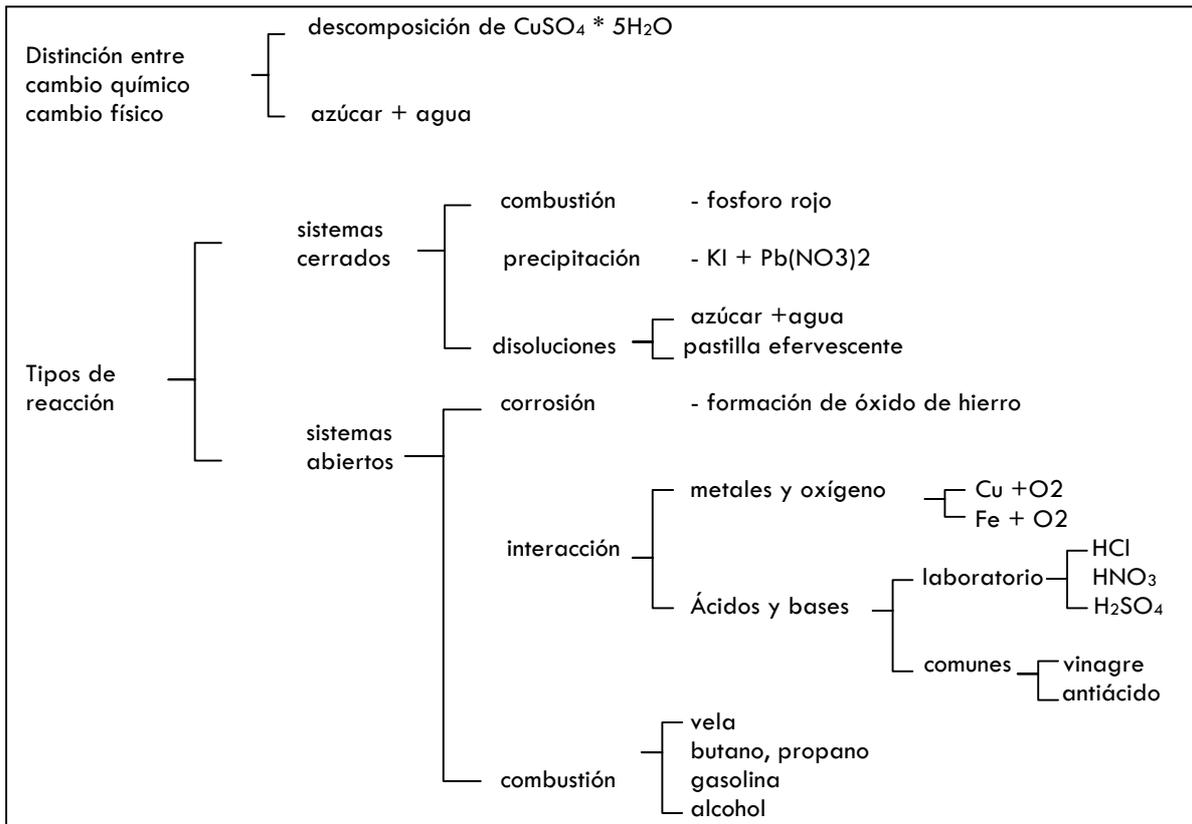


Figura 5.9. Red de fenómenos revisados bajo la lógica que se les pregunta

Al revisar las redes que muestras las lógicas seguidas (figura 4.19 y 5.6, 5.9), podemos consignar los elementos en común en la tabla 5.16.

Finalidad de la intervención			
Fenómeno	Lógica del alumno	Lógica desde la cual se les pregunta	Lógica de los libros de texto
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{XY} \rightarrow$	Cambios en la naturaleza del nitrato de plomo (por interacción con el NaCl).	Tipo de reacción en un sistema cerrado, en el cual se forma un precipitado.	
Azúcar + agua	El azúcar deja de existir, el azúcar cambia de naturaleza, el azúcar cambia de manera natural.	Azúcar en agua es un ejemplo de disolución.	Ejemplo de interacción (introducción).
Formación de herrumbre (moho, orín, óxido)	Cambios en la existencia del hierro cuando se quema, en presencia de un agente.	Tipo de reacción en un sistema abierto, en el cual se forma óxido	Tipo de reacción, formación (E1+E2)
Combustión de la vela		Tipo de reacción en un sistema abierto, la vela como ejemplo de combustión	Tipo de reacción, combustión de sustancias compuestas.
Combustión del alcohol	Cambios en la disposición del alcohol, según condición del agente	Tipo de reacción en un sistema abierto, el alcohol como ejemplo de combustión	Tipo de reacción, combustión de sustancias compuestas

Combustión de metano, propano, butano.	El gas cambia su existencia, cambia su disposición	Tipo de reacción en un sistema abierto, el butano como ejemplo de combustión	Tipo de reacción, combustión de sustancias compuestas
Fósforo que se quema	El fósforo cambia su existencia, el fósforo cambia su naturaleza,	Tipo de reacción en un sistema cerrado, en el cual hay combustión	Tipo de reacción, combustión de sustancias compuestas

Tabla 5.16. Como se entienden los fenómenos bajo la lógica del alumno y bajo la lógica del texto.

La Tabla 5.16 nos muestra las diferentes lógicas que operan las tres fuentes. He aquí una fuente de conflictos. Sobre un mismo fenómeno se pueden apreciar tres lógicas diferentes.

Finalmente sobre los fenómenos que se han consignado en los capítulos 4 (libros y proyectos) y 5 (ideas previas) se pueden agrupar en 'campos' o familias. Estos campos los ejemplificamos en la tabla 5.17.

Registrado en	Fenómeno	Familia	Da a lugar
Libros	Combustión del fósforo rojo, magnesio, metano, papel, vela, alcohol	Combustiones /oxidaciones	Tema 1
	Interacciones ácidos y metales	Iones	Tema 2
	Alimentos, la respiración, digestión	Alimentos/ cocina	Tema 5
Proyectos	Respiración, la fermentación	Química biológica	Tema 6
	La producción de acero	Química y la industria	Tema 7
Ideas previas	Combustión del fósforo rojo, vela, butano, propano, gasolina, alcohol	combustiones / oxidaciones	Tema 1
	Interacción entre metales (hierro, cobre) y oxígeno		
	Interacciones entre ácidos y bases	Iones	Tema 2
	Disoluciones, precipitados		

Tabla 5.17. Los temas que emergen a partir de los fenómenos revisados en los textos, proyectos e ideas previas.

Finalmente tomamos una cita de Caamaño que nos ayudaría a ilustrar hacia donde giran las programaciones para una enseñanza de los cambios en química [...] *la química es la rama de la ciencia que trata de la materia, de los cambios que experimenta y de las teorías que implican estos cambios. Su objetivo teórico principalmente es modelizar la estructura de las sustancias y de las reacciones químicas para poder predecir el comportamiento de los sistemas químicos [...]* (Caamaño, 2003, p.206).

En nuestro caso lo que buscamos es una programación de la química que nos permita pensar, actuar y comunicar sobre los fenómenos.

5. Las maneras de mirar el cambio químico por los estudiantes.

6. El Cambio Químico en nuestra propuesta paso a paso

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la clase de química durante el desarrollo de la investigación, organizados en cinco secciones. En la primera de ellas se da cuenta sobre de la actividad docente. En la segunda se da cuenta sobre el primer tema para, comprender y valorar un conocimiento que proviene de diversas fuentes.

De la tercera a la quinta sección se analizan los resultados que se agrupan en:

- a) Primer foco, reconstruir mediante maquetas para consensuar la representación y las experiencias y,
- b) Segundo foco reconstruir la experiencia mediante narraciones para comunicar lo aprendido.
- c) Tercer foco, la conexión con otros fenómenos a partir del portafolio.

Aunque se han tomado seis casos (Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta) para reportar los resultados de esta investigación, en varias partes de los análisis aparecen intervenciones de otros participantes de la asignatura que se hacen visibles en los diálogos conjuntos durante la realización de la actividad.

6.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACION DE LA ACTIVIDAD DOCENTE

En este apartado se presentan las características del proceso de enseñanza derivadas de la selección de las premisas ofertadas y revisadas en los capítulos 4 y 5.

En la propuesta 'Química paso a paso', hemos desarrollando una progresión de aprendizaje a través de las Temáticas para representar sucesivamente niveles más sofisticados del conocimiento en la práctica del Modelo Cambio Químico para, de esta forma, hacer esta práctica científica básica accesible y significativa para los estudiantes.

El objetivo era iniciar el estudio de la química introduciendo la 'manera de mirar' que requiere compartir las afirmaciones propias de la TEORÍA 'CAMBIO QUÍMICO', que son las siguientes:

- Versión reducida

- A. Hay sustancias simples y compuestas que aparecen y desaparecen en el cambio químico
- B. Hay elementos que se conservan

- C. La materia se conserva
D. La energía se conserva

▪ Versión ampliada

A continuación damos un 'marco teórico' de cambio químico. Retomamos las preguntas sobre la masa.

- En primer lugar hace falta diferenciar entre materiales y objetos y reconocer algunos de ellos por sus propiedades, que permiten diferenciarlos y reconocerlos: la madera, la arena, el aire, el plástico, los metales. Algunos materiales son especialmente adecuados por cambiar, como el azúcar, la sal, el aceite... y les llamamos 'sustancias'. Las sustancias no se conservan, los elementos si, ya que se conserva la masa (A)
- En segundo lugar, hace falta enseñar a ver que algunos materiales interaccionan y, como consecuencia, cambian pero la masa se conserva porque se conservan los elementos; y que algunos otros no lo hacen. Las interacciones cambian los materiales y pueden ser débiles (mezclas), intermedias (disoluciones) o fuertes (cambio químico). Por ejemplo, entre la arena y el plástico no hay ninguna interacción. Una interacción débil es la del azúcar y la almendra picada cuando se hacen '*panellets*' y una interacción fuerte es la de la cera y el oxígeno en una vela encendida (B).
- Las interacciones fuertes se hacen en proporciones fijas. Las proporciones, en las interacciones débiles, pueden ser menos precisas. Los materiales que no interaccionan se pueden mezclar en cualquier proporción: podemos tener arena y plástico mezclados en cualquier proporción.(C)
- Los cambios se producen porque hay 'diferencias' que desaparecen como resultado del cambio. Las diferencias, en este caso, son de 'potencial químico', y éste depende de los materiales o sustancias, de las cantidades relativas y de la temperatura. No hay un procedimiento general para identificar estas diferencias de 'potencial químico', sino que se ha de ir identificando poco a poco para poder planificar los cambios que nos interesan (D).
- Nos representamos las interacciones con átomos indestructibles que corresponden a los elementos y moléculas y hablamos con determinados símbolos que van tomando el significado que conviene para explicar A, B, C y D. Las partículas, en química, siguen 'reglas del juego' muy complejas: hay átomos, moléculas e iones; hay muchos átomos diferentes, cada uno con sus propias maneras de enlazarse con los otros; hay enlaces más 'químicos' que otros; las relaciones entre las propiedades de las sustancias y las estructuras son complejas.
- Por esto, la explicación no la dan las partículas, por más que no sea posible representarnos en cambio químico, ni recordar las 'historias químicas' de las 'sustancias' (donde van a para las que 'desaparecen', porque unas son simples

y otras compuestas, como recordamos que la masa no se pierde, que la energía se conserva...) sin ellas.¹

El curso se desarrolló en veinticuatro sesiones a lo largo de tres meses, en las que participaron dos profesores: el titular de la clase, y el investigador; y en sesiones de refuerzo intercaladas en la programación habitual del área de ciencias experimentales. Nos referimos 7 de ellas que comprende el primer tema. Todas las sesiones fueron registradas en video. Se siguió un 'ciclo de aprendizaje' en el que diferenciamos cuatro etapas: exploración, introducción de conceptos, estructuración y aplicación más la aproximación contextualizar-modelizar.

Después de cada sesión, los alumnos explicaron lo que habían hecho en clase respondiendo las preguntas siguientes: *¿Qué tengo? ¿Qué hago? ¿Qué pasa? ¿Por qué pasa?*

Las preguntas de evaluación que correspondan a una enseñanza de la química enfocada de esta manera han de referirse a la interpretación química de los fenómenos que han sido estudiados; no se pueden preguntar definiciones del libro o descripciones teóricas que no tienen sentido al margen de la intervención experimental. Como actividad de final de curso nuestros alumnos realizaron un experimento que habían seleccionado a partir de un listado, que se les facilitó. Pudieron planificar e interpretar libremente sus experimentos.

Ejemplos de preguntas de evaluación final	
1.	Identificar el contingut de cinc ampolles
2.	Identificar quatre sòlids
3.	Obtenir clorur de sodi a partir d'àcid clorhídric i hidròxid de sodi/ bicarbonat/ sosa
4.	Obtenir clorur de coure a partir d'àcid clorhídric i carbonat de coure
5.	Obtenir carbonat de coure a partir del clorur de coure
6.	Creumar/ descomposar sucre
7.	Obtenir carbó
8.	Obtenir coure
9.	Creumar coure / reduir l'òxid de coure
10.	Calcular la relació entre la massa de l'àtom de coure i la massa de l'àtom d'oxigen.
11.	Representar amb una maqueta les relacions de massa entre els àtoms, a partir de les proporcions de reacció.
12.	Oxidar/creumar ferro. Calcular la relació entre la massa de l'àtom de coure i la massa de l'àtom d'oxigen.
13.	Preparar (fabricar) soda salina i comprovar que funciona
14.	Obtenir hidrogen
15.	De què està feta una 'chuche'? (Diverses possibilitats)
16.	Com preparo un pastís?
17.	De què està fet la closca dels ous? De què està feta la clara dels ous?
18.	Fer una maqueta de la gelatina
Caldrà: fer, pensar, argumentar....i explicar	

Tabla 6.1. Preguntas de evaluación

¹ Izquierdo, M. (2008). *Curso a formación de Mestros de Primaria en Activo*. CEDC

6.2 CARACTERIZACIÓN DE LA PRIMERA UNIDAD: ¿Podemos transformar la madera en carbón? ¿Puede ‘desaparecer’ el carbón? ¿Qué se puede hacer con él? ‘Descomponer’ no es ‘quemar’. Sustancias invisibles, pero que pesan.

A partir de esta discusión, presentaremos una relación de las actividades planificadas y desarrolladas en el aula de acuerdo con el proceso de modelización. Asimismo presentaremos la secuencia interna de las actividades desarrolladas en el ciclo de aprendizaje. Nos referiremos en especial al primer tema: Es pot tranforma la fusta en carbó?

Para objeto de esta investigación se escogió como fenómeno la carbonización de la madera. Con ello aprovechamos experiencias anteriores sobre carbonización del azúcar (Estaña, 1996; Estaña y Izquierdo, 2001).

6.2.1. El contexto: La carbonera

Tal como abordamos en el punto 6.2.1, sobre las características que tiene el hecho que forma parte de la unidad, los alumnos le han de dar ‘sentido’ construyendo las relaciones y explicaciones, cada vez más complejas (Justi *et al.*, 2002).



Figura 6.1. La carbonera de Cànoves

Nuestro primer ‘hecho’ es la carbonera, aprovechando experiencias previas sobre quemar cosas.

Narración y punto de partida de la actividad

SEGONS COM, LA FUSTA ES CONVERTEIX EN CARBÓ; SEGONS COM, ES CREMA. HO PODEM EXPLICAR?



A Cànoves, per Sant Ponç es fa un mercat de mermelades, confitures, formatges, embotits... i tota classe de menjars preparats de manera artesana. La mel i el mató tenen un èxit especial, perquè tothom diu que són de molt bona qualitat. Des de fa un parell d'anys, el mercat presenta una activitat que havia estat molt important al Montseny però que ara està a punt de desaparèixer: la preparació de carbó d'alzina. És molt bonic veure com es prepara la pila amb els troncs d'alzina ben arrengrats però deixant espais entre ells per tal que hi puguin circular els gasos i com es cobreixen de terra, deixant una xemeneia al mig; però res permet endevinar encara com funcionarà aquell embalum.

Finalment, arriba el carboner i hi cala foc, i per la xemeneia comença a sortir fum...però no passa res més. El

carboner explica a tothom que només es cremen alguns dels troncs, els que reben aire per les canals que ha deixat; els altres només s'escalfen, però no arriben a cremar-se perquè no tenen prou aire. Passen les hores, el carboner controla que vagi sortint fum...fins que, molts dies després, decideix que cal acabar. Tapa la xemeneia, deixa de sortir fum, s'apaga el foc, l'embalum es refreda i es comença a enretirar la terra que cobria la fusta...que ara ja no és fusta, perquè s'ha convertit en carbó! Aquells troncs de color clar, compactes i pesants són ara ben negres, s'esmicolen fàcilment i són lleugers. La gent ho mira amb interès, però sense gaire sorpresa. Aparentment, tothom sap que la fusta es carbonitza! Però probablement no podrien explicar com s'ha produït el canvi, ni tampoc obtenir el carbó com ho ha fet el carboner, si calgués fer-ho.



Tornant cap a casa, hem passat per un bosquet que es va cremar l'any passat. Hem recordat la nostra angoixa, quan vàiem que les flames avançaven destruint aquells pins que ens havien proporcionat ombra i pinyons al llarg de tants anys. Ara només queden alguns troncs, de pocs pams d'alçada i ben negres, i res més... Recordant la feina del carboner de Cànoves, he pensat que 'allò' negre també era carbó... però, com és que aquí n'hi havia tan poc?

Em pregunto com és possible que hagi desaparegut el bosc i que la fusta de la carbonera s'hagi convertit en carbó i fum. Tot això em recorda altres fenòmens que conec: el foc a la llar, els llumins de fusta quan cremen...Com pot ser que uns materials desapareguin i n'apareguin uns altres? Què té a veure, la carbonera amb el bosc cremat? Es poden arribar a comprendre uns canvis com aquests, tant 'radicals', tan diferents uns dels altres? Com ho sap, el carboner, quan ja s'ha fet el carbó? També em pregunto què deu ser tot aquest fum...

Imatges de la carbonera de Sant Climent de Peralta – Forallac (Baix Empordà):
<http://www.firesifestes.com/Fires/F-Carbonera-St-Climent-Peralta.htm>
 Presentació de la tasca a fer a classe

Continuem:

- i. Intentarem comprendre que la transformació de la fusta en carbó és un canvi químic
- ii. En primer lloc, llegirem el text per grups i intentarem respondre, també per grups, les preguntes que s'hi formulen
- iii. A partir del treball dels grups dissenyarem com 'fer carbó' de tal manera que puguem conèixer millor el canvi que s'ha produït
- iv. Elaborarem una maqueta on s'explica el què tinc, què faig, què passa i el per què passa.
- v. Finalment, escriurem un text en el qual s'expliqui aquest canvi a un alumne de ESO i es compari amb un altre que aquest alumne conegui.

Figura 6.2. Narración inicial que proporciona el contexto de la actividad

Este fenómeno presenta las siguientes características que lo hacen apropiado para nuestros objetivos.

Fenómeno	Características	Relaciones con el fenómeno
Carbonera	<ul style="list-style-type: none"> • Ha dado lugar a una industria popular de mucha importancia en algunas regiones de Catalunya (obtener carbón). • Resulta suficientemente familiar como para que todos los alumnos puedan opinar sobre él. • Puede dar lugar a experimentos de clase: destilar-carbonizar aserrín. • Se puede relacionar con otros fenómenos: el pan que se nos 'quema' al intentar tostarlo, el azúcar que se carboniza si se calienta demasiado • Se confunde con quemar y este malentendido debe aclararse. • 'Carbonizar' y 'Quemar' son dos 'cambios 	Con ello aprovechamos experiencias que se habían realizado en cursos anteriores sobre carbonización del azúcar

-
- químicos' diferentes que se han de llegar a relacionar y diferenciar.
- El fenómeno abre al debate y a la exploración de las ideas iniciales de los estudiantes.
-

Tabla 6.2. Características de la Unidad

6.2.2. Desarrollo de las secciones y estructura del proceso de modelización: ¿Qué tenemos? (ontología) ¿Qué hacemos? (metodología) ¿Qué pasa? ¿Por qué pasa? (epistemología): Teoría del Cambio Químico

Estas preguntas fueron siempre las mismas, pero las respuestas evolucionaron a lo largo de las sesiones. Nuestro objetivo fue que la transformación de la celulosa en carbón llegase a ser un 'modelo' de la teoría "Cambio Químico". En la primera sesión (S1), les comunicaron a los alumnos los objetivos de la asignatura, la programación y en ellas las unidades y temáticas a revisar. Seguidamente se les aplicó un test con 2 preguntas referidas a aspectos de la química que se tratarán durante el curso.

En la segunda sesión (S2) los alumnos leyeron un texto sobre 'Obtener carbón'; se les explicó cómo funciona una carbonera y se simuló el fenómeno en clase, quemando parcialmente un montón de palillos y calentando un poco de serrín envuelto en papel de aluminio que simula la carbonera. Se discutió lo que ha pasado y, por escrito, los alumnos hablaron de las diferencias entre la madera que se había quemado y la que se había carbonizado. La profesora introdujo sus explicaciones e hizo una experiencia en la que mostró como controlar el fenómeno: la madera ardía si estaba en contacto con el oxígeno y en caso contrario se carbonizaba. Para empezar a pensar en lo que había pasado, calentó serrín en un tubo de ensayo y recogió los gases que se obtenían; una parte de ellos condensó en un líquido amarillo. Se propuso **pesar** la madera antes y después de carbonizarla. Se plantearon preguntas para ser investigadas en la siguiente sesión: *¿Dónde está lo que se ha perdido? ¿Cuánto pesa? ¿Estaba antes, en la madera?*

En la tercera sesión (S3) los alumnos discutieron a partir de lo que habían escrito al intentar explicar lo que había pasado. Por grupos, propusieron un montaje para repetir la carbonización de manera más sistematizada y se decidió colectivamente cómo proceder. Cada grupo tomó cantidades diferentes de serrín y pesó el tubo en el que lo calentaron. Se procuró que observaran la aparición de agua, gases y carbón que antes no estaban allí. Los alumnos lo explican sólo como destilación de sustancias que ya estaban antes, idea que se deberá ayudar a cambiar. Se propone que los alumnos preparen una explicación lo más convincente posible utilizando las ideas nuevas que se han ido introduciendo en la discusión y reforzando la explicación mediante símbolos que les ayude a comprender que hay algo que no se puede ver pero que explica lo que pasa. La profesora les recuerda de nuevo de que "va la química" y que "al final hay otras sustancias diferentes de las que formaban la madera, como por ejemplo el carbón, pero los elementos se conservan y que en esto consiste el cambio químico".

En la cuarta sesión (S4) y quinta (S5) respectivamente, se trabajó en torno a 2 nuevos fenómenos: la combustión de una vela y quemar lana de hierro. Se les invita a buscar semejanza - diferencias entre los fenómenos. La primera diferencia es hablar de la

familia de los materiales orgánicos (como aquellos que tienen un origen biológico y contienen carbono) y la de los inorgánicos (en este caso la lana de hierro). La actividad se enriquece ya que todos hacen algo diferente. Mientras algunos experimentan con; a) la vela, ya sea, colocando una varilla en la flama y 'atrapar' el carbono proveniente de la combustión incompleta, o los vahos que se desprenden, otros b) colocan la vela en una fuente con un poco de agua y la cubren con otro vaso; d) otros queman la lana de hierro, pesando previamente antes y después; e) otros realizan un montaje incorporando una muestra de lana en el fondo de una probeta invertida sobre un vaso de precipitado con agua. La discusión se centra en una idea clave: la función del oxígeno en los fenómenos. Respecto a la vela y el vaso la mayoría abduce que, como se 'acaba' el oxígeno al interior se apaga la llama disminuye la presión y esto hace subir el nivel del agua; no hay acuerdo sobre la disminución de presión al interior del vaso y la consiguiente variación de presión parcial, el supuesto vacío que se genera no es tanto así ya que hay un equilibrio en el volumen de gas entre el oxígeno consumido, el dióxido de carbono liberado y el que se disuelve en el agua.

Sobre el quemar lana de hierro hay controversias sobre el aumento o disminución en la masa de la lana, los que atribuyen a una disminución, argumentan sobre el recuerdo de otras experiencias el cambio de tamaño del material quemado. Se acuerda que ello no es disminución en la cantidad de sustancia y se evidencia el cambio al pesar la lana después de aproximarla a la llama de un mechero bunsen. La lana de hierro en la probeta invertida sobre un vaso con agua también generó controversia. Se les invitó a que anotaran sus predicciones. Días más tarde en otra sesión se discutió sobre el aumento de nivel del agua al interior de la probeta y la formación de óxido de hierro. Se discutió sobre la procedencia del oxígeno que conforman el óxido de hierro y el hidróxido de hierro. Para algunos estudiantes el oxígeno proviene de la molécula de agua, mientras que para otros, es el oxígeno disuelto en el agua el causante de la formación del óxido. Para muy pocos alumnos el oxígeno proviene del aire que queda al interior de la probeta. También se discutió si es posible un aumento del nivel del agua en la probeta más allá de un 20 % y entrar en cuestiones sobre el comportamiento de los gases ideales para llegar a establecer la relación de oxígeno y hierro, pero esto quedó como una actividad para aprender más a modo libre en uno de los tantos problemas que se les invitó a resolver a través del portal Web del curso².

Volviendo a la carbonera, relacionándola con los nuevos fenómenos, en la sexta sesión (S6) los alumnos, por grupos, explican lo que ha pasado a partir de los textos que han redactado en casa. Utilizan símbolos para mostrar como era antes la celulosa y lo que pasa al calentarla, similares a los que habían utilizado en una actividad anterior en la que explicaron la combustión de la vela. Se reconoce que el carbón es una sustancia más simple que la celulosa. La profesora propone, como tarea, la elaboración de maquetas que permitan explicar mejor sus ideas definitivas, después de haber reflexionado sobre todo lo que se ha ido diciendo y suponiendo que la madera está formada sólo por celulosa. Pone a su disposición diferentes materiales para confeccionar la maqueta: plastilina, papel, mondadientes, bolas de poliestireno (porespan, plumavit), kit de bolas y varillas.

² Discusión que no tendrá lugar en esta memoria. Página Web del curso en: <http://ace.uab.es/acevirtual/> Química Paso a Paso.

En la séptima sesión (S7) los alumnos presentan sus maquetas, por grupos, y con ellas explican la carbonización de la madera al calentarla. También pudieron explicar la diferencia entre 'carbonizar' y 'quemar', teniendo en cuenta que en este segundo caso intervenía también el oxígeno. Los alumnos utilizaron los conceptos de sustancia simple y compuesta y de elemento y, en general, se refirieron a las 'partículas que forman la madera', llegando a la conclusión de que algunas de ellas eran las mismas que formaban el carbón. Con todo, fue sorprendente la diversidad de maquetas y de recursos que utilizaron los diferentes grupos de alumnos; se pudo constatar también cómo incorporaron sugerencias de la profesora y de los compañeros.

Finalmente, en la octava sesión (S8), se amplió el tema de discusión con otras reflexiones y preguntas, que dieron lugar a un debate muy animado. Algunas de ellas fueron: *¿Cómo se sabe cuántos elementos hay? ¿Cómo se descubrió que el diamante y el carbón están hechos de carbono? ¿Por qué no se puede volver a tener celulosa a partir de los productos de la descomposición, si las plantas lo hacen? ¿Por qué no se puede hacer madera en el laboratorio? ¿Cómo se sabe cuántos átomos de cada elemento hay en las moléculas? ¿Qué es el fuego?* También se les solicitó que hicieran un listado de todo lo que han aprendido y a partir de este listado escribir una narrativa (carta) destinada a un alumno de primaria, amigo, abuelos, padres, etc., según desearan.

Podemos avanzar algunas características generales de este proceso, que analizaremos con más detenimiento a medida que se contrastan con nuevos ejemplos. En primer lugar describimos cómo se han impulsado en este caso las diferentes etapas del proceso de aprendizaje que se desarrolló mediante unidades didácticas.

En general	En esta investigación	Modelización
<p>Exploración:</p> <p>Seleccionamos <i>fenómenos</i> que den lugar a <i>episodios</i> sobre los cuales los alumnos puedan opinar, en los cuales puedan intervenir con una cierta autonomía. En esta etapa <i>se les sugieren</i> preguntas que les inciten a actuar y a pensar.</p> <p>Los 'episodios' ya tienen significado para los alumnos, sea en un 'modelo científico escolar previo', sea en un modelo generado en el contexto cotidiano.</p>	<p>Exploración:</p> <p>El fenómeno seleccionado es <i>la carbonización de algunos materiales cuando se les calienta sin que lleguen a arder</i>. El episodio es <i>'vamos a calentar madera hasta que se convierta en carbón. Una parte de la madera arde, pero hemos de conseguir que la otra parte se carbonice'</i>.</p> <p>Los alumnos conocen el 'Modelo de Partículas' aplicado a los cambios de estado.</p> <p>Sus ideas iniciales, expresadas en el lenguaje común, son que <i>'el fuego ha consumido una parte de la madera' y ha dejado el carbón</i>. No utilizan el modelo de partículas en sus explicaciones. Nos proponemos ayudar a reformular el significado científico de dicha expresión cotidiana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fenómeno que se modeliza porque es conocido (episodio) y se relaciona con otros.

<p>Introducción de conceptos:</p> <p>Procuramos <i>orientar la intervención</i> en el episodio seleccionado de manera que los alumnos puedan relacionarlo con otros fenómenos químicos similares, a la vez que intervienen en él.</p> <p>Planteamos <i>preguntas productivas</i> para generar discusión en clase en relación a los ejemplos concretos que conocen: ¿Qué tengo ahí? ¿Qué hago? ¿Qué crees que pasa? ¿Por qué pasa? ¿Hasta cuánto pasa? ¿A qué se parece? ¿Qué piensas sobre esto?</p> <p>Algunas de las preguntas se seleccionan como ‘hipótesis teóricas’ para desarrollar el modelo inicial de partículas y poderlo aplicar a este cambio.</p>	<p>Introducción de conceptos:</p> <p>Se <i>relaciona</i> lo que ocurre con otros fenómenos de ‘<i>carbonización de alimentos</i> (el azúcar, el pan o la harina), según un <i>enfoque cuantitativo</i> (pesando antes y después de calentar).</p> <p>Se calientan <i>diferentes cantidades de serrín</i> hasta que se carbonicen. Las cantidades de madera y de carbón mantienen una relación constante (<i>si hay más serrín tendremos más carbón</i>).</p> <p>Se seleccionan las siguientes preguntas como hipótesis teóricas para la sesión siguiente: ¿Por qué disminuye la masa cuando se calienta la madera (y el azúcar)? ¿Qué son los ‘humos’ que se han desprendido? ¿Podrían ser ‘savia’?</p>	<p>Reglas: pesar, separar, relaciones, conservación, proporciones fijas.</p>
--	--	--

<p>Estructuración</p> <p>Se propone un nuevo experimento, más controlado, con lo cual las preguntas se convierten en hipótesis teóricas que se han de comprobar. Se proponen montajes. Se introducen las entidades químicas apropiadas.</p> <p>Se reflexiona sobre qué razones justifican que el cambio que se ha producido es un CAMBIO QUÍMICO. Se desarrolla el modelo de partículas.</p> <p>Se impulsa la explicación de lo que pasa mediante maquetas, dibujos o esquemas, para hacer ver <i>lo que no se ve, pero que sirve para explicar y para volver a intervenir.</i></p>	<p>Estructuración</p> <p>Se repite el fenómeno, con un montaje adecuado <i>para poder recoger los gases que se desprenden.</i></p> <p>Se desarrollan las hipótesis teóricas y se llega a la conclusión de que no se ha producido una separación de sustancias, sino un cambio químico; a la vez, se escribe sobre ello y se representa mediante símbolos.</p> <p>Los alumnos <i>han construido 'maquetas' para representar lo que pasa, intentando utilizar un modelo de partículas que pueda explicarlo... Justifican y discuten entre ellos y con el profesor estas construcciones.</i> Ya no son las mismas que las que se utilizaron para explicar el cambio de estado. Tanto las partículas como los enlaces que las unen adquieren un nuevo significado, 'químico' (átomos de elementos).</p> <p>Se llega a la conclusión que 'descomponer' no es 'quemar' (la diferencia es la intervención del oxígeno y el resultado final: en el primer caso el sólido que se obtiene es carbón, en el segundo es ceniza y también los gases que se forman son diferentes, puesto que ha intervenido el oxígeno)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se desarrollan instrumentos y procesos. ▪ Se representan las relaciones. ▪ Se contrastan los lenguajes.
<p>Aplicación- Evaluación I</p> <p>Se justifica lo que ha pasado mediante las entidades químicas. Se utilizan los cambios de masa para seguir la pista de los elementos.</p> <p>El 'episodio' es ya un 'hecho científico' que se puede repetir tantas veces como se quiera, con los mismos resultados.</p> <p>A partir de él, se pueden explicar otros fenómenos parecidos, pero no todos; van a hacer falta nuevas 'modelizaciones' para nuevas familias de fenómenos que también cumplan las reglas del Cambio Químico.</p>	<p>Aplicación- Evaluación I</p> <p>El alumnado debería llegar a diferenciar entre 'quemar' y 'descomponer' en los otros fenómenos similares; a identificar las sustancias azúcar, celulosa y agua como sustancias compuestas y el carbón, cobre, hierro como sustancias simples, y aceptar que el elemento carbono está en algunas sustancias simples y compuestas y no en otras, y que lo mismo ocurre con los otros elementos que ya conoce.</p> <p>También ha de demostrar que es capaz de justificar el montaje experimental y de utilizarlo en otras ocasiones, así como interpretar los cambios de masa para poder interpretar con ellos otros fenómenos. Hasta aquí lo reportado por Izquierdo, Sanmartí (2007)³.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se amplía el conjunto de fenómenos al cual se aplican los mismos principios y las mismas reglas.

³ Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Estaña. J. (2007). Actividad química escolar: modelización metacognitiva del cambio químico. En Izquierdo, Caamaño, Quintanilla (Eds.) *Investigar en la enseñanza de la química*.

<p>Aplicación- Evaluación II</p> <p>Se ‘traduce’ lo que ha pasado mediante la construcción de una maqueta. A esta etapa los alumnos ya cuentan con una experiencia o aspectos de una realidad del objeto a modelar. La creatividad y el razonamiento crítico conducen a la elaboración de un modelo mental inicial, caracterizando así la primera fase del proceso.</p> <p>A partir de aquí se decide cuál será la forma de representación más adecuada (concreta, visual, verbal, matemática, computacional). Esta decisión será de orden cíclica que pueden conllevar a realizar modificaciones que pueden ser expresadas en diferentes formas.</p> <p>Posteriormente se inicia la comprobación del modelo propuesto y finaliza con el proceso de socialización en la cual se hace explícito los ámbitos de validez y limitaciones de la representación.</p>	<p>Aplicación- Evaluación II</p> <p>Los alumnos <i>han construido ‘maquetas’ para representar lo que pasa, intentando utilizar un modelo de partículas que pueda explicarlo... Justifican y discuten entre ellos y con el profesor estas construcciones.</i> Ya no son las mismas que las que se utilizaron para explicar el cambio de estado. Tanto las partículas como los enlaces que las unen adquieren un nuevo significado, ‘químico’ (átomos de elementos).</p> <p>Las ‘maquetas’ han sido construidas con distintos materiales (plastilina, papel...) así las maquetas permite explicar en función de aquello que libremente les permite crear y hablar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emergen nuevas entidades. ▪ Se representan los primeros mediante las entidades teóricas.
<p>Aplicación – Evaluación III</p> <p>Se comunica lo que ha pasado mediante un relato. A esta etapa ya se puede saber en parte como es el hecho del mundo y se ha de ver como encajan sus teorías unas con otras; no cómo encaja el mundo consigo mismo, sino con sus teorías.</p> <p>A partir de aquí los estudiantes usarán todo tipo de apoyos e intuiciones, relatos y metáforas, que les ayude en la tarea de conseguir que su modelo especulativo de cambio químico se ajuste a la naturaleza del fenómeno.</p>	<p>Aplicación – Evaluación III</p> <p>Los alumnos han escrito un ‘relato’ dirigido a un amigo, estudiante, familiar. Allí ‘traducen’ y ‘reconstruyen’ fenómeno del mundo (experimento), pensamiento (modelo) y dando a conocer a través del lenguaje de la química, los átomos, los símbolos.</p> <p>Así, la narración les permite explicar en función de aquello que les permite pensar y decir.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se reinterpreta el episodio vivido.

Tabla 6.3. Resumen de las tareas abordadas en la Unidad, mirada desde el ciclo de aprendizaje y el proceso de modelización.

Secuencia global de las tareas realizadas

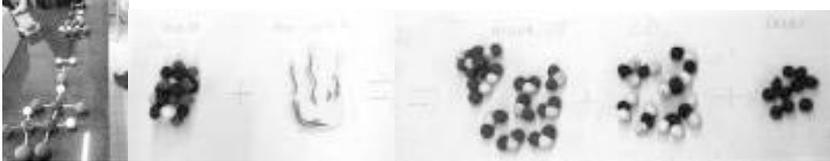
S1	
S2-5	
S6-7	
S8	

Tabla 6.4. Visión global de la actividad y tareas

a) ¿Qué hay al interior de la unidad?

Sesiones	Actividades	Ciclo	Materiales colectados
S1	<p>“Hacer carbón” ... en clase: con azúcar,....con qué más... ¿serraduras? Ya tenemos carbón. ¿qué más tenemos? ahora analizamos 'el humo': qué tengo, que hago, qué pasa, por qué pasa:</p>		

⁴ Imágenes tomadas por los autores

<i>[...] en primer lugar, leeremos el texto por grupos e intentaremos responder, también por grupos, las preguntas que se formulan [...]</i>	Exploración	1. Grabaciones en video. (Observaciones de aula)
<i>[...] intentaremos comprender que la transformación de la madera en carbón es un cambio químico[...].</i>	Introducción	
<i>[...] a partir del trabajo de los grupos diseñaremos como 'hacer carbón' de tal manera que podáis conocer mejor el cambio que se ha producido [...]</i>	Estructuración	
<i>[...] finalmente, escribiremos un texto en el cual se explique este cambio a un alumno de ESO y se compare con otro que este alumno conozca [...].</i>	Aplicación	
<i>[...] conclusión, ¿de qué está hecha la madera? ¿de qué está hecho el carbón? ¿cómo se comportan, la madera y el carbón, desde un punto de vista químico?</i>	Evaluación	2. Los 'maquetas' elaboradas, y el discurso que acompaña 3. Narraciones que explican "el CQ" producido.
<i>[...] construyamos maquetas [...]</i>		
<i>[...] contemos nuestra historia...[...].</i>		

S8

Tabla 6.4. El interior de la unidad

Finalmente, todos los fenómenos que llegarán a ser Modelos de Cambio Químico, han de compartir las siguientes 'reglas del juego':

- a) Una sustancias desaparecen y aparecen otras
- b) Se conservan los elementos. La masa se conserva (en los átomos), las sustancias reaccionan en proporciones fijas (en las ecuaciones)
- c) La energía se conserva (en los enlaces)
- d) El cambio se puede representar mediante átomos y enlaces
- e) El estado final puede ser de equilibrio químico

Nos parece que se puede afirmar que al finalizar las sesiones los alumnos empezaron a comprender los problemas que plantea el CAMBIO QUÍMICO, que se puede hablar de él en términos de 'sustancias' y de 'elementos' y que va muy bien poderlo representar mediante partículas, aunque resulte difícil llegar a conocerlas bien. Esto es diferente a lo que ocurre en el planteamiento tradicional, según el cual se empieza por definir el cambio químico, diferenciándolo del físico, y por definir las entidades fundamentales (sustancias simples y compuestas, elementos, átomos, enlaces)

Veamos según los casos abordados cual es el proceso seguido antes de entrar a hilar más fino, y buscar entre líneas aquello que los maestros en formación en primaria e infantil quieren presentar sobre la modelización de un fenómeno para que llegue a ser un ejemplo de Cambio Químico. Nos basamos ahora en los cambios que se producen a lo largo de la unidad revisada que se analizan aquí.

6.3. FOCO (I): LA MAQUETA

Se analiza la actividad en la cual los estudiantes se refieren a lo que han hecho mediante un soporte material: la maqueta.

a) Instrumentos de recogida de datos

Para la recogida de datos se recurrió al uso del video. Reconocemos que el uso de este instrumento representa un medio potente y complementario cuando el propósito es analizar las situaciones que emergen en el aula (Neidderer, Aufschneider, Tiberghien, Buty, Haller, Hucke, Sander y Fischer, 2002)⁵. Su riqueza radica en la posibilidad de reproducir las secuencias tantas veces como sea necesario para observar y escuchar las intervenciones /acciones. Recordamos que la realización y gestión de los datos colectados a través de los videos estuvo a cargo del propio investigador.

Las especificaciones técnicas y facilidades se describen a continuación en la siguiente tabla.

Instrumento	Formato	Operado por
Cámara de video 1. Sony HWR	Video-audio Archivo WMP y AVI	Autor de la investigación

Tabla 6.5. Especificaciones técnicas y responsables para la toma de datos

b) Selección de la muestra

Siguiendo las orientaciones metodológicas del apartado 3, para el logro de nuestros propósitos en el escenario II seleccionamos tres casos de estudio por año. Dicha selección estuvo pautada principalmente por la identificación de aquellos grupos en los cuales la realización de diferentes maquetas a partir de diferentes materiales (plastilina, papel y modelos químicos), fuera más evidente. Los equipos fueron heterogéneos e integrados de tres a cinco participantes. Para el primer año del estudio, para cuestiones del análisis los denominaremos: grupo 1, grupo 2 y grupo 3; para segundo año serán grupo 4, grupo 5 y grupo 6. En la tabla presentamos el fotograma de cada grupo para observar la distribución que tuvieron durante el desarrollo de la actividad.

6.3.1. Realización de transcripciones

Una vez ubicados los casos en el material se realizó la transcripción de las intervenciones, la cual se desarrolla en tres momentos: a) introducción, donde la docente presenta la actividades que se desarrollarán y da las indicaciones de trabajo; b) trabajo en pequeños grupos, donde los estudiantes comparten sus experiencias (modelo

⁵ Neidderer, H., Aufschneider, S., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F., y Fischer, H. (2002). Talking physics in labwork context-A category based analysis of videotapes. En Pesillos y Niedderer (eds.). *Teaching and learning in the science laboratory*. 31-40. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

individual) y construyen una maqueta consensuada; c) cierre o conclusiones, donde se comparten los resultados de cada equipo con el grupo en general. De estos tres momentos se analizó el tercero (c), que consiste en las exposiciones e interacción con la docente. La duración de este momento, del cual se realizan las transcripciones varía entre 4 y 6 minutos de acuerdo al equipo. Para realizar las transcripciones nos apoyamos en el uso de algunas abreviaturas, convenciones y símbolos y el empleo del software Transana (versión 2.1)⁶. Primero y para hacer referencia al turno de los estudiantes y la intervención de las profesoras decidimos abreviarlos de la siguiente manera:

Abreviatura	Sujeto
1	Alumn@ uno
2	Alumn@ dos
3	Alumn@ tres
4	Alumn@ cuatro
5	Alumn@ cinco
Mel	Docente 1
Xtian	Docente 2
As	Alumnos hablando a la vez

Tabla 6.6. Abreviaturas para referenciar a los sujetos del estudio

Por otra parte durante el desarrollo de la transcripción utilizamos las siguientes convenciones y símbolos.

Símbolo o convención	Interpretación
Convención	Numeración progresiva de las líneas a la izquierda
Convención	Uso de grafías normales.
Símbolos prosódicos	
?	Entonación interrogativa
!	Entonación exclamativa
.	Terminación natural
Símbolo de pausa	
(...)	Pausa igual o mayor a 0.5 segundos
Símbolos relativos a los turnos	
[Dos turnos de lenguaje que se solapan
[
Otros símbolos	
[...]	Interferencia que impidió entender el diálogo
()	Palabra o frase ininteligible o dudosa a la cual no se hizo ninguna aproximación
[toma la maqueta]	Comentarios del transcriptor

Tabla 6.7. Símbolos y convenciones y utilizados en las transcripciones.

Cabe señalar que en las transcripciones se utilizó la numeración progresiva de las líneas a la izquierda. Seguido de ello se identificaron los turnos, es decir cuando la docente inicia (I), y el estudiante responde a su pregunta (R), luego ante la respuesta obtenida la docente, retro alimenta la respuesta del alumno (F) para seguir obteniendo las ideas y finalmente (E) cuando la docente evalúa y considera que el nivel de la respuesta es

⁶ Transana, versión 2.20-WIN. Software de distribución libre escrito en el Wisconsin Center for Education Research, para el análisis cualitativo de datos en formato video y audio. Está lanzado sin garantía bajo la GNU General Public Licence (GPL). <http://www.gnu.org>. | <http://www.transana.org>.

apropiada y por tanto a de continuar la exposicion |presentación de la maqueta (tarea). Una vez cerrado el ciclo IRFE, emerge el *episodio*. Más adelante pasamos a estudiar los segmentos empleando las nociones LER preestablecidas en la sección tres del marco teórico. A continuación pasamos a revisar los casos Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta.

6.3.2. ¿Qué nos dicen los grupos sobre las maquetas?

A continuación siguiendo las orientaciones metodológicas presentamos los hechos vividos y narrados por cada uno de los seis casos observados.

a) EL CASO LORENA EN GRUPO 1

Clip	Tiempo	Alumnos /Año 2 paralelo 1	Fotograma del grupo
Modulo1 Sesión 4 Clip 13	Duración de la exposición 6'26''	[1] Lorena (caso) [5] Alumno [2] Alumna [3] Alumna [4] Alumna [M] Docente *Alumnas enumeradas de izquierda a derecha*	

Transcripción

Turnos	Ep	Transcripción	Noció
		Contexto: Comienza Lorena [1] a explicar la maqueta tras la introduccion del docente a la actividad. Su maqueta está formada por plastilina.	
1 a	I	(0:00:00.0)[M] Bé, són les primeres que respondran a les preguntes, per tant el que elles responguin, el que elles puguin respondre amb el seu model us donarà idees a vosaltres, o sigui dic	
b		que l'últim te avantatges, entre cometes, (moviendo las manos) però no passa res, és igual, aquí	
c		no fem res en competició, la qüestió es el que cadascú va aportant i que millora les idees que ja	
d		teniu, a lo millor sí, o no i no passa res, per tant ja podeu començar.	
e			
2 a	R	(0:00:35.7)[1] Bé, diguéssim que el que tenim aquí es la fusta, vale, que és un conjunt de	E→R, semejanza
b		molècules de H ₂ O i el CO ₂ i el carboni, vale?. Eehh, quan li apliquem foc, que és energia, vale? el	R→E, relación previa
c		que passa es que s'escalfa i en el moment de escalfar-se tenim que es desprèn el H ₂ O, que és	
d		l'aigua i aquí tenim (toma la maqueta que representa la molècula de agua) i també es desprèn el	R→L, nombrar cosas
e		CO ₂ (toma la maqueta respectiva) i tenim com a resultat també el carboni, que el carboni son les	E→R, semejanzas
f		molècules negres...els elements negres que és el que ens queda de residu diguéssim, dons el CO ₂	
g		es gas que se escampa per el aire, diguéssim i tenim l'aigua, condensat en vapor.	
3 a	E	(0:01:28.5)[M] A veure...i si diguéssim que també surt CO que vam veure l'altre dia...no CO ₂ sinó	
b		CO, cóm modificaríeu el vostre model? Seria compatible el vostre model?	
c		(A3 se acerca a la maqueta que representa la molècula de CO ₂ y retira una de las bolitas que	
4 a		representa a el oxigeno)...exacte..	
5 a	I	(0:01:45.6)[M] I si forma quitrà?	
6 a	R	(0:01:53.6)[3] El quitrà què es?	
7 a		(0:01:54.3)[1] El quitrà es....	
b	F	(0:01:57.8)[M] Bé, és un altre substancia, en tot cas té mes carbó....	
8 a	R	(0:02:01.1)[3] Per què està formada?	
9 a	R	(0:02:02.8)[1] Per carboni i per hidrogen ¿no?	R→L, nombrar cosas
10 a	E	(0:02:04.9)[Mercè] sí...	
11 a	R	(0:02:06.3)[1] I oxigen també	R→L, nombrar cosas
12 a	E	(0:02:07.7)[Mel]sí...sí...és igual, en tot cas és una substància que no hi és aquí eh!	
13 a	I	Amb el vostre model podeu explicar, això que us he dit? Sí, perquè suposo que ordenant d'una	
b		altre manera els àtoms (señalando los modelos).	
14 a	R	(0:02:23.2)[3] Clar, el que passa es que la fusta representa que té aquests àtoms i tot això	E→L, la madera tiene
b		(refiriéndose a las maquetas que representan a los productos) i a l'hora d'aplicar-li el foc, dona	L→R, enriquecer
c		energia, però en aquest cas se ha distribuït així (señalado con las manos la distribución), però si hi	
d		ha altres possibilitats, doncs....	
15 a	F	(0:02:33.1)[M] I quina efecte ha fet el foc?	
16 a	R	(0:02:35.6)[1] La separació de les....almenys dels elements...no?	
17 a	F	(0:02:39.5)[M] Fes veure (moviendo las manos formando imitando la maqueta) què li passa?	
18 a	R	(0:02:43.8)[1] Bé, es van separant i van sortint carbonis (separa las bolas negras del cuerpo	R→L, nombrar cosas
b		multicolor con la ayuda de 2)...	

19 a	F	(0:02:49.0)[M] I com pots justificar que això no és la separació de una mescla que ja hi havia prèviament, sinó que és un canvi químic, amb el teu model.....saps què vull dir? (gesticulando el mensaje de no querer perjudicar) el teu model ha d'explicar que el que li ha passat a la fusta és un canvi químic	
b			
c			
d			
20 a	R	(0:03:01.6)[1](con cara de estar pensándoselo)	
21 a	F	(0:03:02.2)[M] No una separació de coses que hi havia abans, sinó un canvi químic....quelcom que abans no hi era i ara hi és ...	
b			
22 a	R	(0:03:17.3)[1]Diguéssim que els elements estaven sols i el que han fet es recolocar-se amb altres elements...no? (0:03:24.3) (en espera de afirmación)	L→R, enriquecer
b			
23 a	E	(0:03:24.4)[Mei] Molt bè	
24 a	I	(0:03:25.4)[1] No és que s'hagin separat directament, sinó que se han separat i recolocat	L→R, enriquecer
25 a	E	(0:03:29.2)[M]Molt bé, aquesta és la idea, jo crec que fonamental en això que digueu, no és una suma d'aquestes coses que teniu aquí acumulades, sinó que les coses que teniu aquí no hi eren abans, han aparegut ara, no hi eren, perquè la acció que han fet (moviendo las manos)de donar la energia, ha canviat les condicions del sistema i hi ha hagut un canvi del que estem parlant i tal com diies tu, s'han separat i se han tornat a ajuntar.	L→R, ayuda a interpretar
b			
c			
d			
e			
26 a	R	(0:04:04.9)[3] Però no hi eren com formules como H ₂ O, CO ₂ ...però sí que havia el oxigen i el hidrogen...els elements.	
b			
27 a	F	(0:04:13.8)[M] O sigui no hi eren les substàncies però sí els elements, llavors i les que surten a tu, aquí és aigua, diòxid de carboni i carbó (indicando los productos)... quins elements teniu allà	
b			
28 a	R	(0:04:29.1)[T] Carboni, hidrogen i oxigen...	R→L, nombrar cosa
29 a	E	(0:04:31.9)[M] exacte...ja està. I combinats d'una altra manera. Ara, aquí, en aquest model, encara que no ho representeu, els components inicial de la fusta...la diferencia en cel·lulosa, lignina i altres coses.....molt bé anem por un altre grup.. (0:06:26.5).	
b			
c			

Fin transcripción.

▪ **Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos interactividad y mensajes de Lorena en el grupo 1?**

En el episodio 1 [Lineas 1-4a]

En el episodio 1 Lorena comienza su relato, una situación donde el objeto 'maqueta' representa el episodio: *la combustión de la celulosa*. Comienzan estableciendo semejanzas entre el material 'plastilina' (que ha sido moldeado en pequeñas unidades esféricas, aprovechando distintos colores, negro, amarillo y rojo), y el fenómeno estudiado reconstruido ahora desde en el mundo de la química, es decir, carbono-bola negra, hidrogeno-bola roja, oxigeno-bola amarilla (E→R), y todas juntas, constituyen una muestra de madera (serrín) en el mundo real.

Línea 2a [1] Bé, diguéssim que el que tenim aquí es la fusta, vale, que és un conjunt de molècules de H₂O i el CO₂ i el carboni, vale?.

Tras aproximar la muestra de serrín al mechero Bunsen, el sistema se calienta. Las entidades (bolas) que inicialmente están todas juntas, se separan del grupo inicial en forma de agua y dióxido de carbono, valiéndose de las relaciones previamente establecidas (R→E) [línea 2 b, c].

Línea 2 b Eeh, quan li apliquem foc, que és energia, vale? El que passa és que s'escalfa i en el moment de escalfar-se tenim que es desprèn el H₂O, que és l'aigua i aquí tenim....

Todas las bolas juntas conforman la maqueta, hay cosas que están hechas de carbono y son necesarias nombrarlas, dar cuenta de ellas y también dar cuenta de qué pasa con ellas (R→L) [Línea 2 d].

Línea 2 d i també es desprèn el CO₂

Una vez establecidos los agentes que participan en la recreación del evento, se recurre a él cuantas veces sea necesario para continuar estableciendo semejanzas y conexión con todos los actores del cuadro representado. Las bolas-negras-carbono, operan

dicotómicamente, tanto pueden mostrar la formación de un material en estado sólido (carbono) como otro diferente en estado gaseoso (CO_2) ($\text{R} \rightarrow \text{L}$) [Línea 2 e, f, g].

- Línea 2 e *i tenim com resultat també el carboni, que el carboni son les molècules*
 f *negres...els elements negres que es el que ens queda de residu diguéssim,*
 g *dons el CO_2 es gas que se escampa per el aire, diguéssim i tenim el agua, condensat en vapor*

En el episodio 2 [líneas 5a-12a]

La historia que narra Lorena se va construyendo a partir de las intervenciones del docente, dando pie a la intervención de otros miembros del grupo (A3). La invitación es a volver a pensar sobre la elaboración del cuadro inicial. Continuando con el patrón temático (la función y origen del CO, CO_2), contemplamos la situación planteada por el docente en la línea [3a, b: *i si diguéssim que també surt CO no CO_2 sinó CO, cómo modificaríeu el vostre model*] invita a la emergencia de un nuevo agente, que genera 'ruido' y debate, la formación de alquitranes. Un evidencia del cambio, un nuevo material formado. No obstante es necesario dar cuenta que del grupo inicial de bolas también 'sale' este miembro de la familia. Se da cuenta de ello ya que existen palabras en común: carbono, oxígeno e hidrógeno ($\text{R} \rightarrow \text{L}$) [Líneas 8- 11].

- Línea 8 a *[3] Per què està formada?*
 Línea 9 a *[1] Per carbono i por hidrogeno ¿no?*
 Línea 10a *[M] Si.....*
 Línea 11a *[1] l oxigeno també...*

En el episodio 3 [Líneas 13a-23a]

La historia no puede quedar completa si no aparecen los actores principales los átomos. En esta ocasión el docente los introduce por primera vez. [Línea 12 b], con lo cual la narración tiene un nuevo giro hacia una idea básica, la conservación. Ahora es cuando volvemos al experimento y al decir que todo es lo mismo (carbono), se ve desde el punto de vista del lenguaje, 'tiene C'; es ahora donde A3 se incorpora y da sentido a C. ($\text{E} \rightarrow \text{L}$) [línea 14 a].

- Línea 14a *[3] Clar, el que passa es que la fusta representa que te aquets àtoms i tot això.*

Pero este C tiene sentido en el contexto de esta historia, la combustión de la celulosa, unidad estructural y básica del material madera. Por tanto es necesario otorgar más acontecimientos para enriquecer el evento y acompañara los nuevos actores que van emergiendo, la energía. ($\text{L} \rightarrow \text{M}$) [línea 14 b, c].

- Línea 14a *i l' hora de aplicar-li el foc, dona energia, però en aquest cas s'ha distribuït*
 b *així, però si hi ha altres possibilitats, doncs.....*

El patrón simétrico de indagación o confirmación muestra que ocurre un nuevo giro en la narración cuando el docente pregunta por los nuevos actores emergidos en la historia. En este caso, la función del fuego. Nuestro narrador A1 regresa y da cuenta de estos eventos. La historia, en este punto, nos muestra su clímax, la caracterización del carbono como actor principal de esta historia, lo cual permite A1 explicar qué pasa cuando se produce nueva situación, un golpe de fuego. ($\text{R} \rightarrow \text{L}$) [Línea 18 a].

- Línea 18a *Bé, es van separant i van sortint carbonis*

Llegados a este punto, el docente incorpora una nueva situación, la posibilidad de que esta historia no sea la combustión de la celulosa (el contraejemplo), sino que el evento

inicial es una suma de cosas y que los procedimientos realizados han llevado a simplemente a separar una mezcla inicial mantenida por una interacción débil. Aquí nuevamente emerge un giro al tener que dar cuenta de esta idea y ofrecer palabras, para enriquecer la historia. (L→R) [Líneas 21-23]

- Línea 22a [1] *Diguéssim que els elements estaven sols i el que han fet és recolocar-se*
 b *amb altres elements...no?* (en espera de afirmación)
 Línea 23a [M] *Molt bè*
 Línea 24a [1] *No és que s' hagin separat directament, sinó que se han separat i recolocat*

En el episodio 4 [Líneas 24 a-29a]

El mismo episodio ofrece al docente seguir 'tirando' de la narración mediada por A1. Llegado este punto A3 aclara que en la maqueta no se encuentran las fórmulas pero sí la presencia de los elementos. La maqueta es un instrumento que tiene una potencialidad de interpretación que puede establecer diferencias de escalas macro y micro, también simbólico. Esta potencialidad es ofrecida a través de palabras que ayuden a interpretar (L→R) [Línea 25].

- Línea 26 a [3] *Però no hi eren com fórmules com H_2O , CO_2 ...però sí que hi havia*
 b *l'oxigen i l'hidrogen...els elements...*

Finalmente el último episodio de nuestra historia es cerrado por la docente manifestando los límites de la maqueta. La diferencia entre otros componentes, lignina y otras sustancias, la insuficiencia para explicar la formación del alquitrán, pero la idea central es que del conjunto inicial no puede salir otro material como es el óxido de hierro.

▪ *Registro y recuento de los logros*

El operar con episodios nos permite dar cuenta de cada giro en la narración. Estos giros son mediados por las preguntas de la docente (en nuestro caso). En la figura hemos intentado representar de alguna manera los giros efectuados entre el la teoría (cambio químico) que hay detrás del fenómeno, el lenguaje científico empleado para comunicar y la actividad realizada reconstruida por la maqueta.

En el relato del grupo de Lorena, conviven las siguientes 'nociones' que se agrupan según la siguiente distribución:

Episodios	Lenguaje → Representación	Representación → Lenguaje	Lenguaje → Experimento	Experimento → Lenguaje	Representación → Experimento	Experimento → Representación
	1	∅	- Dota de lenguaje a algo que caracteriza al modelo (p.e. carbono)	∅	∅	- Relaciones establecidas previamente que ayudan a interpretar.
2	∅	- Dota de lenguaje a algo que caracteriza al modelo (p.e. carbono, hidrogeno, oxígeno)	∅	∅	∅	∅

3	- Ofrece palabras pensando que esto enriquece al modelo	- Dota de lenguaje a algo que caracteriza al modelo (p.e. carbono)	∅	- El experimento necesita de palabras	∅	∅
4	- Ofrece palabras pensando que esto enriquece al modelo	∅	∅	∅	∅	∅

Tabla 6.8. Resumen de logros por episodios de Lorena

El operar con episodios nos muestra el movimiento de logros a través de ellos. Para Lorena, es esencial especificar las partes que componen la maqueta para dar sentido al relato. Cada parte es un acontecimiento, donde las bolas y colores tiene su homólogo (bola de plastilina-negra-carbono-proximidad al residuo). El objetivo es dar a entender que pasa con la madera, pero para ello pasa por dar en el blanco que es dar cuenta que ocurre con cada parte que conforma.

Total 4 episodios

Explicaciones de la alumna [1] en un ciclo IRE o IRF, en fase R (respuesta)

Inicio de participación individual min. 0.00.35.7

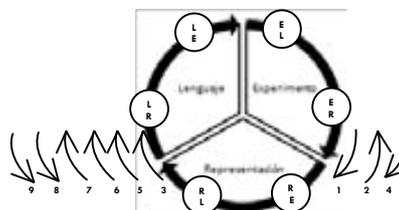
E → R = 1, 4

R → E = 2,

R → L = 3, 5, 6, 7

L → R = 8, 9

Fin de la participación min. 0.03.25.4



Explicaciones de la alumna [3] en un ciclo IRE o IRF, en fase R (respuesta)

Inicio de participación individual min. 0.02.23.2

E → L = 1

L → R = 2, 3

Fin de la participación min. 0.04.04.9

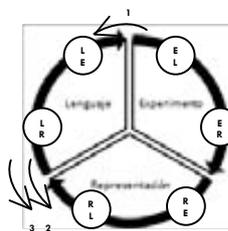


Figura 6.3. Representación de los 'logros' en vías de realización para Lorena y A3 en la maqueta.

Para representar la recursividad, es decir, los ida y vuelta entre el mundo real y el transformado por la química, presentamos en la figura 6.3, un modo de representación, una forma de aproximarnos y dar cuenta sobre qué está pasando entre las dimensiones del pensar (representaciones), hacer (experimentos) y el hablar (lenguaje).

La figura 6.3 nos da cuenta de las zonas más recurrentes que emergen del análisis del foco, donde la tarea es la exposición de la 'maqueta'. El relato de A1 se centra en aquello que la maqueta puede decir sobre la combustión de la madera como del cambio químico y en dar sentido a las entidades empleadas a través de la maqueta.

Se establecen los siguientes sucesos inter-episodios:

- a. Un cambio de episodio involucra el cierre de un ciclo IRE (indagación - respuesta-evaluación) puro ó híbrido, IRFE (indagación-respuesta-feedback-evaluación).
- b. También puede ocurrir, o no, un cambio de patrón temático. Por ejemplo, en EP1 (episodio 1), los patrones giran en torno a la madera y a las moléculas presentes y formadas (carbono, dióxido de carbono, agua, carbono), mientras en EP2 se pasa a hablar de elementos y de alquitrán.
- c. Para A1 se aprecian transiciones por cada ‘inicio de episodio’. Por ejemplo, en EP1 se comienza por un $E \rightarrow R$, le sigue en EP2 un $R \rightarrow L$, más adelante en EP3 le sigue otro $R \rightarrow L$, para finalizar en EP4 con $L \rightarrow R$. A partir de estos ‘viajes’ diagramamos en la figura X un nuevo esquema. Este esquema sintetiza el pensar, hacer y decir de A1 sobre el estudio de la carbonización de la madera. El nuevo esquema representa a A1, en un contexto de enseñanza y aprendizaje de la química por modelización. Sus referentes más ‘fuertes’ al elaborar una maqueta que sintetiza lo experimentado, se centran en explicar el cambio químico a través de la maqueta, ofreciendo palabras pensando que esto refuerza o concreta la red analógica del cambio químico. Queda diagramado el ‘camino que sigue A1 de la siguiente manera:

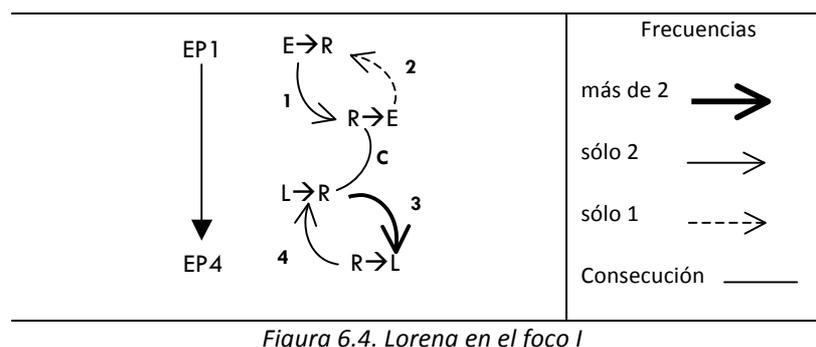


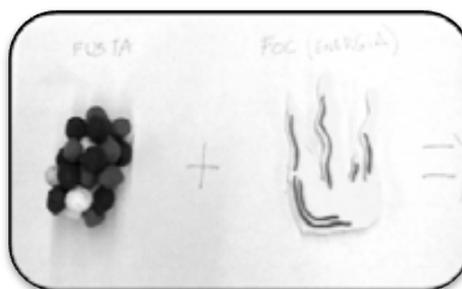
Figura 6.4. Lorena en el foco I

1. En esta transición es cuando se han de establecer semejanzas entre otros fenómenos. En el caso de Lorena, se establecen hacia la misma maqueta. La regularidad de esta noción en los segmentos seleccionados es de carácter *medio*.
2. En esta transición vamos desde la representación al experimento. La representación juega como artilugio para establecer relaciones con nuevos fenómenos, en el caso de Lorena el artilugio es el que se desprende de la maqueta. Por la frecuencia encontrada decimos es de carácter *débil*.
3. En esta transición vamos desde la representación al lenguaje, es decir, hay palabras que se tienen en común y se ‘da un algo’ que ayuda a caracterizar el artilugio, en el caso de Lorena es ‘nombrar’ las entidades seleccionadas (bolas de plastilina). AL nombrarlas cada una incorpora sus reglas de juego. La presencia de esta transición es de carácter *fuerte*.
4. Aquí el desplazamiento va desde el lenguaje a la representación, donde no estamos diciendo que es el lenguaje de la representación, sino, que es la representación la que necesita un lenguaje, en el caso de Lorena ofrece palabras pensando que esta acción enriquece, concreta su modelo de cambio químico. La maqueta enriquece el lenguaje.

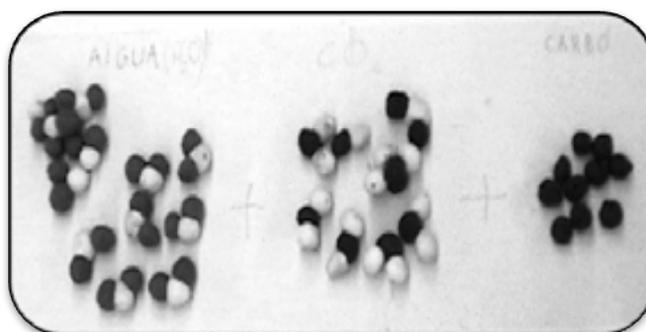
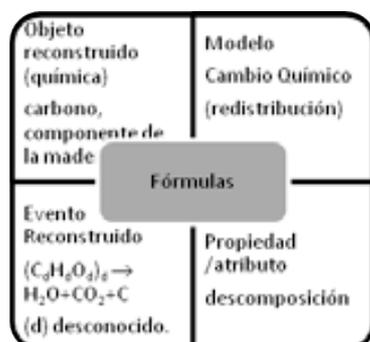
Cada logro|transición es favorecido o mediado por los aportes colectivos de A3 y de la docente. Veamos a continuación que entidades activa Lorena. En su exposición inicial menciona objetos, eventos, reglas, propiedades del mundo real y a medida que avanza en su narración sobre la combustión de la madera y de los cambios subyacentes, comienza un viaje hacia un mundo reconstruido por la química, reconstruido en términos con los que la química trabaja; empiezan a adoptar las reglas, propiedades, eventos y objetos que forman parte del dominio de la actividad científica. La representación de las entidades usadas en la explicitación de la maqueta permite dar cuenta sobre su ‘subdominio’ de la realidad, como veremos en la siguiente sección.

- **Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es transitar por los ‘dominios’ de la realidad. El mundo real y reconstruido por Lorena en G1.**

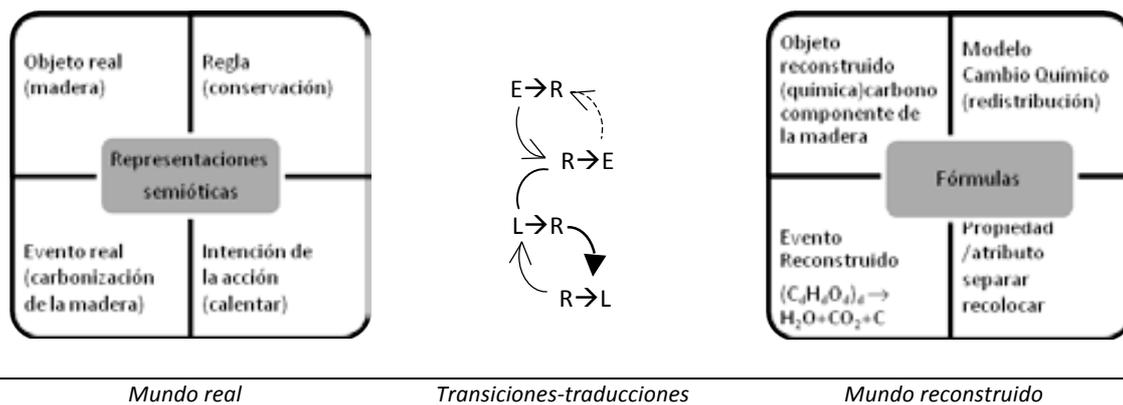
Existe un mundo narrado por Lorena que es construido, negociado y consensuado en equipo por A2, A3, A4 y A5, al cual sólo accedemos mediante la exposición de la maqueta. En él destacamos los objetos que son reales para Lorena: Madera, fuego, vapor, aire y residuos. Nos centraremos en la madera ayudados por las pabras que son activadas por Lorena en los episodios.



El objeto es reconstruido, pero no es nombrado (es decir, celulosa). No hay un objeto químico inicial sobre el cual abordar. Sólo hay carbonos, hidrógenos y oxígenos.



A nivel de evento, para Lorena, en G1, la semi-ecuación de oxidación, reconstruye en parte el fenómeno, que es mucho más complejo y dinámico. A nivel de reglas, el operante es el cambio químico (la conservación de la masa en los átomos) y la intención de la acción se refleja en la descomposición de la madera.



A nivel particular podemos decir de Lorena en G1 que sus explicaciones intuitivas están articuladas. Si bien, es cierto, faltan 'transiciones' para que la explicación (narración, relato, historia) se vuelva más formal o mejor estructurada, ésta podrá realizarse cuando Lorena haya dominado el tema en todo su poder generativo, con tantos 'giros' como sean necesarios. Ello permitirá a Lorena ir incorporando cada vez más distintos fenómenos a la red analógica y conceptual que forma parte de su Teoría sobre el Cambio Químico.

b) EL CASO JUAN EN GRUPO 2

Clip	Tiempo	Alumnos /Año 2 paralelo 1	Fotograma del grupo
Modulo 1 Sesión 4 Clip 14	Duración de la exposición 5'56''	[1] Juan (caso) [2] Alumno [3] Alumna [4] Alumna [5] Alumna [M] Docente *Alumnos enumeradas de izquierda a derecha*	

Transcripción

Turnos	Ep	Transcripción	Noción
		Comienza alumno [1] en etapa R del ciclo, proveniente de la consigna anterior dada al grupo 1. Su maqueta esta formada por anillos de papel.	
1 a	R	((0:00:01.0)[1] És la combustió de matèria orgànica, que és la glucosa que és simplement, el que representa el paper, bè...sense arribar a exagerar, i bé, la combustió amb oxigen i els elements en els quals es desemboca...	$E \rightarrow R$, semejanza
b			
c			
d		I bé les tisores podrien representar en aquest cas l'energia que entra...perquè com una figura de paper bastant més complexa...com li passa a allò...fiquem les tisores aquí que serà l'energia que entra.(la maqueta "representa" una equació química i posa les tisores entre els productes i els reactius)	$E \rightarrow R$, analogía $E \rightarrow R$, analogía
e			
f			
g			
2 a		(0:00:31.1)[2]Tot bé...contínua tu.	
3 a		(0:00:32.8)[1]Bé aquí tenim la matèria orgànica que és la glucosa, aleshores, durant un context en presència d'oxigen, se li aplica una energia i el que obtenim com resultat és l'aigua i el CO_2	$L \rightarrow R$, enriquece
b		<<assenyala>>...bàsicament és....	
c			
4 a	E	(0:00:52.0)[M] Molt bé....veieu, aquí no està explicant la descomposició de la *glucosa sinó la seva combustió...	
b			
c	I	Ara si jo et preguntés per exemple com és que no queden cendres, nosaltres no ho hem vist en el que hem fet, perquè tampoc hem estat estudiant la combustió ben bé, però tots sabem que si cremem fusta al final quedaran cendres, per tant què modificaries del teu model per a explicar-ho?	
d			
e			
f	R	(0:01:24.9)[1] Doncs hem de afegir allí carbó, perquè podria ser una part de la *glucosa a la qual no li ha arribat oxigen i no s'ha cremat.	$L \rightarrow R$, enriquecer
5 a			
b	I	(0:01:33.0)[Me] Tot això de glucosa seria sí?... =...=	
6 a	R	(0:01:35.7)[1] Bé siclar cel·lulosa....potser una part no s'ha cremat perquè està sense oxigen.	$L \rightarrow R$, palabras para interpretar
7 a	E	(0:01:42.0)[M] Això seria...	
b	I	Ara podríem dir que és el carboni que podria quedar, amb les cendres que ja no cremen	

8	a		(0:01:48.2)[4]Perquè estan formades?	
	b		(0:01:50.1)[Me] Per què estan formades les cendres?...Teniu alguna idea? =...= en tot cas..	
9	a	R	(0:01:53.9)[1]Hi hauria coses que estiguessin allà, que no contemplàvem	R→E, relació
10	a	E	(0:01:59.7)[M] Molt bé ..doncs ja està...doncs per a això és el que serveix un model, entens ...si jo et faig una pregunta en la que tu no havies pensat, tu modifiques el teu model d'una manera raonable, per tant, si al final queda alguna cosa que no és CO ₂ ni aigua doncs si que hi eren i havia una cosa més que tu no has tingut en compte, però jo crec que aquesta explicació ja és suficient, la qüestió es si volem saber millor que és, hauríem de dedicar-nos a les cendres, entens, i aquí ens dedicarem a pensar-lo ara podríem dir una mica més ràpid, que evidentment les plantes s'alimenten o xuclen de l'aigua, substàncies minerals...eh...i aquestes substàncies minerals també queden en les cendres...les cendres al final contenen carbonat sòdic o nitrats i al final són minerals, no contenen carboni i tot això....molt bé...doncs..jo penso que això és un model.	
	j	I	Ara si jo volgués saber que és el que passa hauria de trencar i destrossar la cel·lulosa, trencar-la..agafar els àtoms de...	
11	a	R	(0:03:15.1)[1]Aquests son d'oxigen, d'hidrogen són aquests taronges...i aquest que =...=	R→L, nombrar
12	a	F	(0:03:19.5)[Me] Això mateix... caldria anar trencant, per a anar veient això, llavors en el teu model hauries d'anar veient que hi ha dos tipus d'energia diferent al de les tisores?	
	c	F	Per què és clar?...=...=	
13	a	R	(0:03:34.4)[1] Clar, es la forma =...= hi hauria de haver un pegament aquí.	L→R,
14	a	E	(0:03:36.9)[Me] Això mateix... Molt bé, hi ha 2 fenòmens aquí, un és que d'entrada tu necessites una energia per a trencar aquests enllaços però ...quan s'enganxen és el fenomen invers, tu per a trencar l'enllaç has de tallar.....Està bé, m'ha agradat. (0:05:54.0)	enriquecer
	b			
	c			
Fin transcripció				

- **Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos de interactividad y mensajes de Juan, en el grupo 2?**

En el episodio 1 [Líneas 1-4b]

Juan comienza su secuencia de acontecimientos refiriéndose a: la combustión de la materia orgánica, específicamente la glucosa. Se establecen semejanzas con anteriores fenómenos abordados en las sesiones como por ejemplo el quemar azúcar. Esto le da pie para comenzar su línea discursiva. (E→R) [Línea 1 a, b, c].

Línea 1a [1] *És la combustió de matèria orgànica, que és la glucosa que és simplement, que és el que representa el paper bé...sense arribar a exagerar, i bé, la combustió amb oxigen i els elements en els quals es desemboca...*

En este caso, la maqueta ha sido elaborada con aros de papel. Muchos aros pintados de diversos colores representan el estado inicial del material. A posteriori es expuesto a una nueva situación: la interacción con el fuego. Particularmente, se apoya en que tijera será una doble analogía, a la energía 'que entra' y que 'rompe' o más bien 'corta' los aros enlazados del estado inicial, que es un sistema mucho más complejo del que esta representado. (E→R) [Línea 1 d, e, f].

Línea 1d [1] *I bé les tisores podrien representar en aquest cas l'energia que entra...perquè com una figura de paper bastant més complexa...com li passa a allò...fiquem les tisores aquí que serà l'energia que entra*

Tras la presentación inicial, A1 es recurrente y reafirma el acontecimiento, pero en esta oportunidad presenta un nuevo agente: el oxígeno. Una nueva palabra que enriquece lo que se está explicando, y que tiene como resultado la formación de agua y dióxido de carbono, idea que más tarde es precisada mediante la intervención docente, en referencia a la reconstrucción del evento: la combustión de la glucosa [Línea 3 b, c y d]. (L→R).

Línea 3 b [1] *Bé aquí tenim la matèria orgànica que és la glucosa, aleshores, durant un context en presència d'oxigen, se li aplica una energia i el que obtenim com resultat és l'aigua i el CO₂*

En el episodio 2 [Líneas 4c-7a]

Un nuevo ciclo IRE-IRF, un nuevo episodio, que comienza con la intervención del docente, en el juego de crear ‘diferencias’ o ‘conflicto’-en un intento por hacer pública las ideas de A1- respecto a la maqueta elaborada. En esta oportunidad la situación apunta a, *al quemar la madera quedan cenizas*, qué pasa en este caso. Particularmente, A1 lo resuelve incorporando al sistema más carbono como producto (aros-cintas), aunque confunde etiquetas y escalas a las cuales se refiere glucosa-celulosa, añadiendo palabras para enriquecer el discurso (L→R) [Línea 5 a, b].

Línea 5 a [1] *Doncs havem de afegir allí carbó, perquè podria ser una part de la*
b **glucosa a la qual no li ha arribat oxigen i no s'ha cremat.*

Y, en segunda instancia, para interpretar (L→R) [Línea 7a].

Línea 7 a [1] *Bé síclar cel·lulosa....potser una part no s'ha cremat perquè està sense oxigen*

En el episodio 3 [Línea 7b-10i]

La maqueta es puesta a prueba en una nueva cuestión, y con ello un nuevo patrón temático emerge: las cenizas. De un proceso de oxidación como la combustión han de quedar cenizas. Recordamos que el estudio versa sobre la descomposición, en un proceso de pirólisis. Por tanto, no hay cenizas. La docente pone a prueba la maqueta elaborada y la teoría de cambio químico que manejan. A1, ante las nuevas cuestiones, regresa a la idea establecida anteriormente: en los productos han de haber más cosas representadas mediante los aros-cintas-papel (M→E) [Línea 10a].

Línea 9 a [1] *Haurien coses que estiguessin allà que no contemplàvem*

En el episodio 4 [Líneas 10j- 14c]

Nuevo ciclo, nuevas cuestiones, ahora el patrón temático regresa a una de las cuestiones iniciales abordadas, ‘romper’ enlaces, destrozarse la celulosa. Por tanto, nombrar los agentes que participan en el cambio forma parte del retraer esta situación (M→L) [Línea 12 i]. Regresando a la analogía inicial de la tijera que ‘corta’, para enriquecer esta idea que es un evento contrario, hace falta un ‘pegamento para los enlaces’ (L→M) [línea 13 b].

Línea 13a [1] *Clar es la forma =...= hauria de haver un pegament aquí*

Finalmente para cerrar la narración, la docente recurre a los balances de energía en la formación y ruptura de los enlaces. Los aros-cintas-papel, parece ser que es un recurso interesante para mediar este debate.

- **Resumen y recuento de los logros**

A continuación presentamos un resumen de las ‘transiciones’ realizadas por el grupo y Juan

Episodios	Lenguaje →	Representación →	Lenguaje →	Experimento →	Representación →	Experimento →
	Representación	Lenguaje	Experimento	Lenguaje	Experimento	Representación
1	∅	∅	∅	∅	∅	Se establecen analogías (tijeras) con respecto a la energía.
2	- Se ofrecen	∅	∅	∅	∅	∅

	palabras para enriquecer u interpretar el modelo.						
3	∅	∅	∅	∅	∅	Se establecen relaciones preestablecidas, referidas a la maqueta. No a nuevos fenómenos.	∅
4	- Se ofrecen palabras, pensando que esto enriquece la idea de modelo.	Se nombran las cosas que participan	∅	∅	∅	∅	∅

Tabla 6.9. Resumen de logros por episodios de Juan

Nuevamente la intervención del docente marca los cambios en el discurso, a nivel de patrón temático. Esto se potencia dependiendo del material con que es elaborada la maqueta, que da 'juego' para poner énfasis en distintos temas. En este caso en particular, la formación y ruptura de enlaces en términos de equilibrios de energía, al pasar desde una unidad estructural básica (glucosa o celulosa) a partes de ella (dióxido de carbono, carbono, alcohol, entre otros).

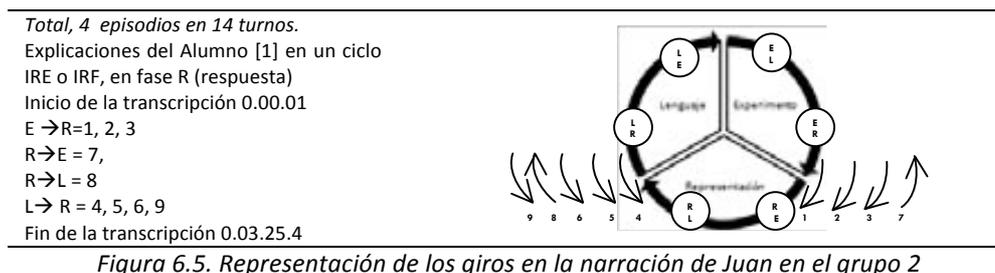
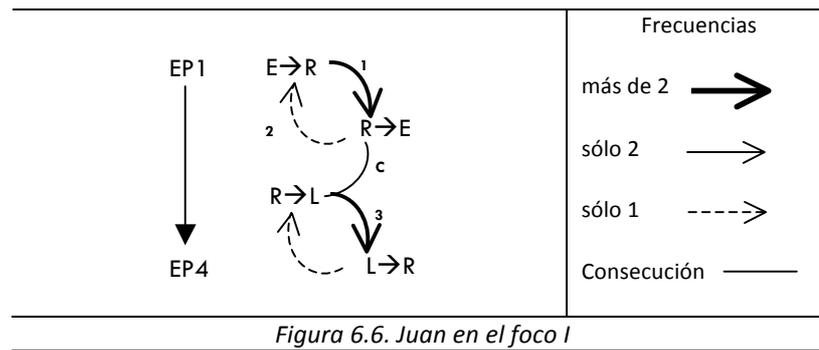


Figura 6.5. Representación de los giros en la narración de Juan en el grupo 2

La figura 6.5 nos da cuenta de aquellos aspectos recurrentes en la historia de Juan. El 'esfuerzo' creativo que hace Juan al manejar una maqueta realizada en base a aros de papel y conectar con la teoría química puesto a prueba por la docente, le lleva a nuevos escenarios de interpretación.

Se establecen los siguientes sucesos:

- En un mismo turno pueden convivir un patrón simétrico, como podemos apreciar en el turno 10. Conviven un E (evaluación) y un I (iniciación).
- Al igual que en el grupo anterior, A1 posee distintas transiciones por cada episodio. Así inicia en EP1 con semejanzas y analogías entre la maqueta y el fenómeno en estudio, E → M. Le sigue en EP2 la inclusión de palabras que permitan reforzar el relato soportado en la maqueta de aros-papel L → M. Posteriormente en EP3, se han de nombrar las entidades que participan del proceso M → L. Finalmente en EP4, se ha de cerrar la analogía inicial por tanto se ha de considerar palabras que cierren el relato L → M. A partir de las transiciones que se visualizan en la figura 6.6, diagramamos el 'camino' que hace A1 en torno a la descomposición de la celulosa.



Así en:

- Del experimento a la representación, se han de establecer semejanzas entre fenómenos o emerger analogías, en el caso de Juan se enfatizan las analogías creadas sobre la maqueta para explicar la ruptura de los enlaces. El carácter de esta noción es *fuerte*, según las veces que logramos registrarla en los episodios correspondientes.
 - De la representación al experimento, se aprovechan relaciones establecidas previas para interpretar nuevos fenómenos, en el caso de Juan, es para mencionar posibles componentes que no se tuvieron en cuenta al momento de la elaboración de la maqueta en respuesta a las nuevas situaciones planteadas por la docente. La recurrencia encontrada en los episodios es de carácter *débil*.
 - Del lenguaje a la representación, Juan constantemente activa palabras pensando que esto enriquece u concreta su modelo de cambio químico. La frecuencia de esta transición le otorga un carácter *fuerte*.
 - De la representación al lenguaje, Juan debería de activar palabras para dar cuenta que tienen en común los fenómenos del mundo. En su defecto Juan ' nombra cosas ' presentes en la maqueta. La presencia de esta transición es de carácter *débil*.
- **Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es transitar por los 'dominios' de la realidad. El mundo real y reconstruido Juan en G2.**

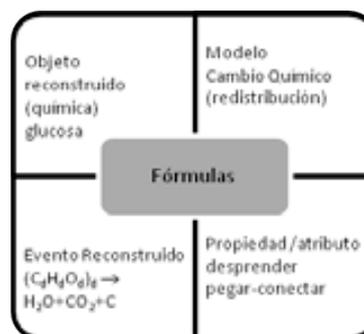
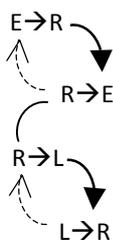
Existe un mundo narrado por Juan construido, negociado y consensuado en equipo por A2, A3, A4 y A5, al cual sólo accedemos mediante la exposición de la maqueta. En él destacamos los objetos que son reales para A1: materia orgánica, fuego, oxígeno. Nos centraremos en la 'materia', que es el agente que cambia.



El objeto (la celulosa) es reconstruido, pero no es nombrado. No hay un objeto químico inicial a abordar. Sólo hay carbonos, hidrógenos y oxígenos.



A nivel de evento, la semi ecuación de oxidación reconstruye en parte el fenómeno, que es mucho más complejo y dinámico. A nivel de reglas, el operante es el cambio químico (la conservación de la masa en los átomos) y la intención de la acción se refleja en la descomposición de la madera.



Mundo real

Transiciones-traduccion

Mundo reconstruido

A nivel particular podemos decir de A1 en G2 que sus explicaciones intuitivas son coherentes. Faltan 'transiciones' para que la explicación (narración, relato, historia) se vuelva más formal o mejor estructurada. Esta se podrá realizar cuando Juan que allá dominado el tema en todo su poder generativo, con tantos 'giros' como sean necesarios. Existe en Juan un paralelismo entre la combustión | descomposición del papel, la celulosa y la glucosa. Clarificar estas ideas permitirá a Juan ir incorporando cada vez más distintos fenómenos a la red analógica y conceptual que forma parte de su modelo intuitivo de combustión, que forma parte del de cambio químico.

c) CASO TOMÁS EN GRUPO 3

Clip	Tiempo	Alumnos /Año 2 paralelo 1	Fotograma del grupo
Modulo 1 Sesión 4 Clip 16	Duración de la exposicion 4'34"	[1] Tomás (caso) [2] Alumno [3] Alumna [M] Docente *Alumnos enumeradas de izquierda a derecha*	

Transcripción

Turnos	Ep	Transcripción	Noción
		Comienza alumno [1] en etapa R del ciclo, proveniente de la consigna anterior dada al grupo 1 más exposición del docente. Su maqueta esta formada por esferas y varillas.	
1	a	I (0:00:00.0)[M] És un model molt químic, no? es un model que intenta diguéssim, representar ja molt explícitament el que passa segons la química. El que passa, com podeu veure... no és imprescindible tenir això per explicar, per explicar allò de la cel·lulosa... sinó que es pot fer de moltes maneres, molt bé doncs vosaltres també us presenteu.	
2	a	R (0:00:42.0)[1] Aquí tindriem el que seria la unió de diferents glucoses i la formació final de la cel·lulosa, formades per hidrogen que ho representem amb boletes blanques, l'oxigen, vermelles el carboni, que serien les negres, a partir de la qual en una incorporació de energia en forma de calor obtindriem àtoms de CO ₂ ... de diòxid de carboni eeeh....etanol, metanol també, després despreniment de vapor de aigua, o sigui aigua en forma de vapor...(se cruza Tomás depositando la figura que falta) per arribar...monòxid de carboni també, entre altres olis, després també en anar observant..	E→R, analogia
3	a	R (0:01:24.8)[2]Quitrans....però no sabem representar-los.	
4	a	F (0:01:28.3)[M] Bé i jo tampoc, hi hauran moltes substancies barrejades	
5	a	R (0:01:32.8)[1] Fins arribar després al resultat final que seria la unions de tots els carboni per formar el carbó... molts sense cap altre combinació, ni res de...(abre y cierra las manos en señal de haber finalizado)	L→R, explica
6	a	E (0:01:46.6)[Mei] Molt bé, enteneu aquí ja tenim... si imagineu aquí (tomando la maqueta que representa al carboni) més carbonis, carbonis, carbonis...en cada enllaç un altre carboni aniríem (moviendo y juntando las manos, gesto de agrupar) formant la substància simple carboni, per que aquesta molècula no existiria com tal (presentando la maqueta)... (mueve la cabeza y gesticula) al final seria el carbó...pues jo creo que està molt bé.(deja la maqueta en su lugar).	
7	a	I Fixeu-vos que aquí queda clar (toma la maqueta que representa al carbono) que tot això no hi és aquí, sinó que és producte de haver destrossat la cel·lulosa.	
8	a	R (0:02:29.5)[2] Calor el que fa és trencar els enllaços i alguns desapareixen i altres que queden lliures s'ajunten entre els per formar nous components com aquests que tenim aquí (tomando otra maqueta).	E→L, nueva palabra
9	a	E (0:02:48.4)[M] Doncs molt bé, us faig la mateixa pregunta, diguéssim si (tomando la maqueta de cel·lulosa) la rigidesa de la fusta com la representariem aquí...aquí pot ser queda mes clar, no? (toma la maqueta de bolas de plastilina), és una cosa tota apretada.	
10	a	I Diguéssim que és una idea que suggerim millor aquí que aquí (señalando la maqueta de formada por legos)	
10	b	R (0:03:18.0)[1] No se, podria ser que possessm cel·lo entre (indicando las esferas y bastones) per, d'alguna manera veure que estan compactes o unint-les sense la possibilitats que es trenquin els enllaços.	
10	c	E (0:03:29.3)[M] O sigui moltes cadenes de aquestes... una a l'altre podrien estar unides amb cel·lo com dius tu (imita con las manos el movimineto de envolver), perquè realment també hi ha enllaços entre les cadenes de cel·lulosa i tot això formen quelcom molt compacte.....(0:04:34.2).	
		Fin transcripción	

a) Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos de interactividad y mensajes de Tomás y A2 en el grupo 3?

En el episodio 1 [Líneas 1a-6e]

Continuamos estudiando los relatos de los estudiantes. En este caso, el equipo 3 en el episodio 1, A1 (alumno 1) lo explica mediante una maqueta de esferas y varillas, sobre el qué pasa a un grupo de unidades glucosa, que conformarían la cadena de celulosa. Su inicio es la representación que permiten hacer las esferas y varillas, de lo que ocurriría a un trocito de madera (serrín), cuando se aproxima a una fuente de calor (p.e. mechero bunsen) (E→R) [Líneas 2a-d].

- Línea 2 a *[1]Aquí tindriem lo que seria la unió de diferents glucoses i la formació final de la cel·lulosa, formades per hidrogen que ho representem amb boletes*
 b *blanques l'oxigen, vermelles, el carboni, que serien les negres a partir de la*
 c *qual en una incorporació de energia en forma de calo obtindriem àtoms de*
 d *CO₂...*
 e

Al igual que en los casos anteriores, caracterizan el cambio químico, es decir, en este modelo 'hay cosas' como carbono, dióxido de carbono, etanol. (M→L) [Líneas 2 d-f].

- Línea 2 d *...de diòxid de carboni eeh....etanol, metanol també, després desprediment*
 e *de vapor de aigua, o sigui aigua en forma de vapor... para arribar...monòxid*
 f *de carboni també, entre altres olis, després també en anar observant*

La maqueta construida con las bolas y varillas proporciona una visión particular sobre el qué pasa y por qué pasa en la formación del carbono, como uno de los productos finales de la reacción. Explicar lo que pasa filtrado por la red analógica de cambio químico es una manera de dar cuenta de que lo que esta pasando (L→R) [Líneas 5 a, b].

- Línea 5 a *Fins arribar després al resultat final que seria la unions de tros de carboni*
 b *per formar el carbó de molts sin sa cap altre combinació, ni re de*

En el episodio 2 [Líneas 6f-8d]

Nuevo episodio, nuevo patrón temático. A2 interviene incorporando al repertorio de palabras de esta historia el 'calor', agente causal de la ruptura y la 'desaparición' de los enlaces y formación de nuevos, que dan origen a nuevos materiales a partir del inicial. (E→L) [Línea 7 a, b].

- Línea 7 a *Calor el que fa es trencar els enllaços i alguns desapareixen i altres que*
 b *queden lliures es ajuntar entre els per formar nous components com aquets que tenim aquí*

En el episodio 3 [Líneas 8e -10 e]

Finalmente el cierre de esta historia versa sobre la relación entre la potencialidad de explicación de la maqueta y lo que a través de ella se puede contar sobre los enlaces carbono-oxígeno, carbono-hidrógeno y oxígeno-hidrógeno.

- Resumen de logros por episodios para Tomás

Episodios	Lenguaje	Representación	Lenguaje	Experimento	Representación	Experimento
	→ Representación	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Representación
1	- Se ofrecen palabras para 'explicar' el modelo a través de la	- Las cosas están 'hechas de' por tanto se nombran e incorporan	∅	∅	∅	- Se establecen analogía de cosas que tendía en común la

	maqueta.	etiquetas				maqueta y la estructura de la glucosa.
				- Nuevas palabras para explicar el modelo a través de la maqueta, aunque no puedan materializar-la en la maqueta		
2	∅	∅	∅		∅	∅
3	∅	∅	∅		∅	∅

Tabla 6.10. Resumen de logros por episodios de Tómas

Como en el registro del grupo anterior, las historias se potencian dependiendo del material con que es elaborada la maqueta, que da 'juego' y énfasis en el relato y la conexión con la carbonera. En este caso en particular, el agente causal en la ruptura de enlaces, en términos de los estudiantes, es el "calor". De un modo singular detectamos, a través de la narración de A1, que la maqueta esfera-varilla, en comparación con las otras maquetas, da poco 'juego' a la negociación de significados. Vemos como en un mismo turno (p. e. 6 ó 8) conviven un I (indagación) y un E (evaluación), por parte de la docente.

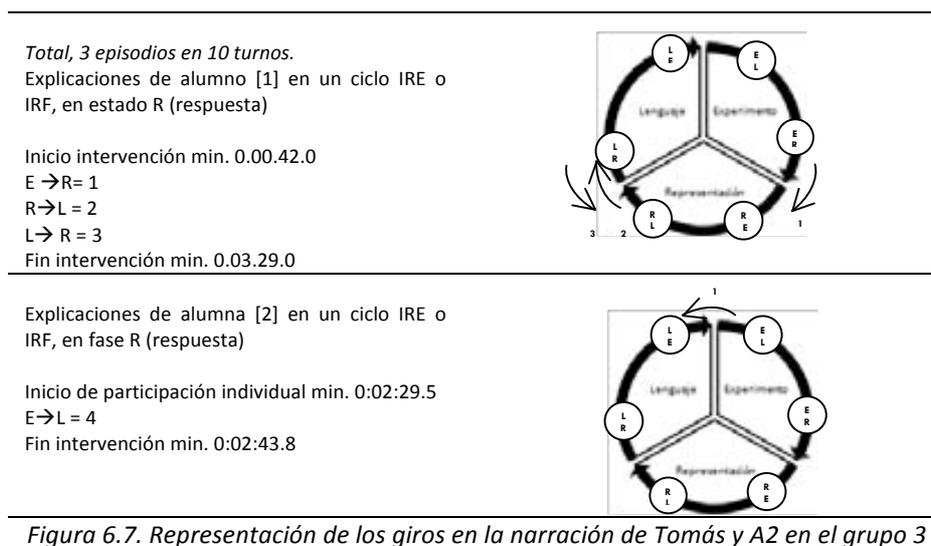


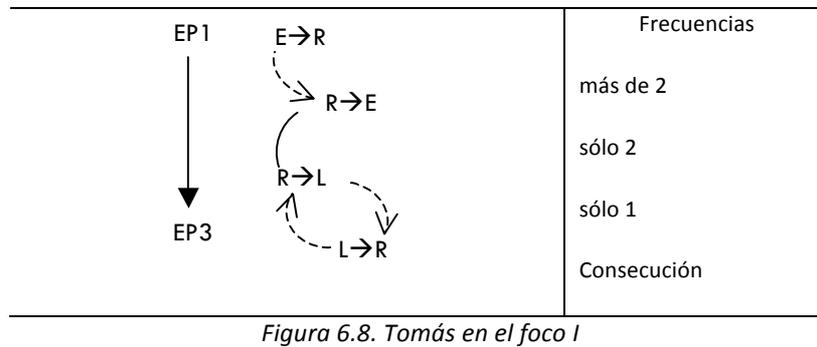
Figura 6.7. Representación de los giros en la narración de Tomás y A2 en el grupo 3

La figura 6.7 nos da cuenta de aquellos aspectos recurrentes en la historia de Tomás y A2. La maqueta desarrollada por el grupo pretende explicar a lo que ocurre a nivel micro, con lo cual se explica el proceso.

Se establecen los siguientes sucesos:

- En un mismo turno pueden convivir un patrón simétrico como podemos apreciar en el turno 6 ó 8. Conviven un I (indagación) y un E (evaluación).
- Se aprecian distintas transiciones para cada episodio. Así, p.e. se inicia en EP1 estableciendo analogías entre la maqueta y la ocurrencia del evento a nivel micro E → P, como también se nombran las entidades que forman parte de la historia, M → L. Posteriormente en se da cuenta de aquello que el modelo a través de la

maqueta permite contar $M \rightarrow L$. En EP2, se ofrecen nuevas palabras que tomen sentido en lo que está pasando $E \rightarrow L$. A partir de las transiciones, diagramamos el 'camino' que hace A1 en torno a la combustión de la madera.

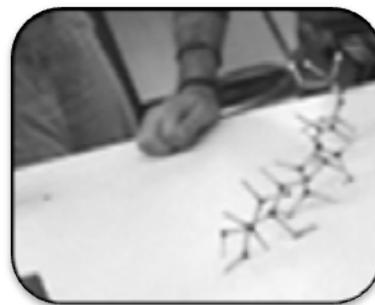
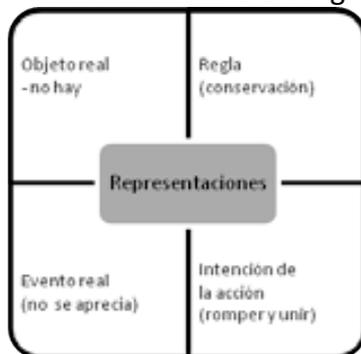


Así en:

1, 2 y 3, las nociones encontradas son ubicadas en una sola oportunidad otorgándole un carácter *débil* a cada una de ellas.

- **Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es transitar por los 'dominios' de la realidad. El mundo real y reconstruido Tomás en G3.**

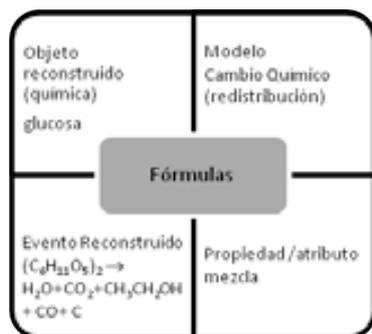
Existe un mundo narrado por Tomás construido, negociado y consensuado en equipo por A2, A3, al cual sólo accedemos mediante en la exposición de la maqueta. En el caso de A1 en G3 parte ya desde objetos reconstruidos: glucosa, hidrogeno, oxígeno, carbono. Nos centraremos en la glucosa que es el agente que cambia.



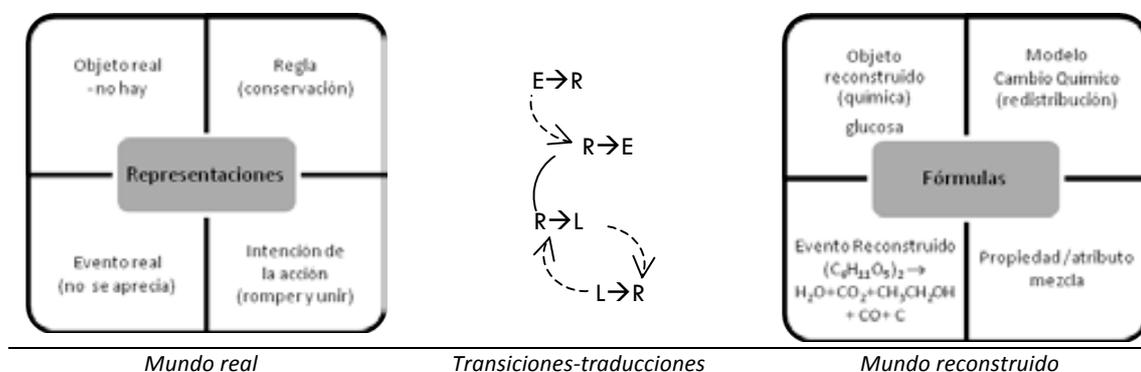
7

El objeto es reconstruido, pero no es nombrado (es decir, celulosa). No hay un objeto químico inicial sobre el cual abordar. Sólo hay carbonos, hidrógenos y oxígenos.

⁷ Imagen obtenida del clip



A nivel de evento, la ecuación de oxidación de la glucosa, reconstruye en parte el fenómeno, que es mucho más complejo. A nivel de reglas, el operante es el cambio químico (la conservación de la masa en los átomos) y la intención de la acción se refleja en romper y unir los enlaces presentes en la unidad de glucosa.



A nivel particular podemos decir que las explicaciones intuitivas de Tomás en G3, son genuinas. Si bien, es cierto, faltan 'transiciones' para que la explicación (narración, relato, historia) se vuelva más formal o mejor estructurada, esta podrá realizarse cuando Tomás que allí dominado el tema en todo su poder generativo, con tantos 'giros' como sean necesarios. En este caso particular, Tomás se enfrenta a una maqueta con la que ya ha reconstruido el fenómeno por completo a nivel micro. Por tanto su relato intenta abordar desde esta perspectiva la disposición inicial de los átomos en la estructura de glucosa, hasta las nuevas sustancias formadas.

d) EL CASO PALOMA EN GRUPO 4

Clip	Tiempo	Alumnos /Año 3 paralelo 1	Fotograma del grupo
Modulo1 Sesión 5 Clip 45	Duración de la exposició 6'03''	[1] Paloma (caso) [2] Alumna [3] Alumna [Mei] Docente	

Transcripció

Turnos	Ep	Transcripció	Noció
		Presentació: comença alumno [1] en etapa R del ciclo, procedint de la consigna anterior donada al grup 1. Su maqueta a nivel de escala es mixta (o intermedia), esta formada por esferas y objetos de plastilina. Los episodios son amplios ya que hasta no concretar o cerrar la idea abordada por A1 o A2, la docente no cambia el patrón temático.	
1 a	R	(0:00:04.1) [1] Hi ha coses que no es veuen però...això es el carbó (señalando la maqueta de plastilina que emula a una planta y bolas negras).	L→E, procedimientos
b			
2 a	I	(0:00:09.0)[Mei] I com t'ho pots imaginar perquè això doni això? Què no es veu?	
3 a	R	(0:00:13.6) [1] Doncs una vegada que ho escalfes, mentre la part sòlida es queda en el que seria el carbó, l'altre reste de matèria es queda en forma de gas, i llavors en aquest cas, àtoms de CO ₂ , H ₂ O	L→R, enriquecer
b			
c		(0:00:28.8) [Mei] I tu podries fer un model de com eren aquestes boletes de carbó per dintre per tal que puguin donar això...tot això es el que donen, t'imagines que és un gas i per tant està com sueltó.	
4 a	F	[1] jum, (Asienta con la cabeza)	
b			
5 a	R	(0:00:47.0) [M] Tot això de aquí	
6 b			
7 a	F	[1]Llavors (llevándose la mano a la cara e intentando imaginar que pasa)	
8 a	R	[Mei] I tu dius....	
9 a	F	(0:00:55.8) [1] Si em puc representar amb àtoms el que seria aquí =...= (señalando con el dedo	
10 a	R	(0:00:57.2) [M] Això està fet d'això?=-= quina relació hi ha entre això negre...o sigui la representació que tu veus és (toma las maquetas y comienza a dar el orden según la idea inicial de la alumna 1) la transformació que tu veus es això, escafo i em dono això.	
b			
11 a		(0:01:08.6)[1] Vale... (mete las manos para tomar sus maquetas y dar sentido al suceso según su idea de lo que pasa)	
12 a	R	(0:01:08.7)[M] I m'ha donat tot això (refiriéndose a las maquetas que representen los 'gases' lliberats....(mueve las manos emulando al humo)...i això seria fums...que ara els haves posar com això, no?	
13 a	F	[2] (incorpora un nuevo elemento a la representacion)	
b			
c		(0:01:18.7)[1]Si..això (y se dirige a la caja donde estan sus maquetas para tomar más bolas de plastilina)	
14 a	R	(0:01:19.0)[2] Bé, es la fletxa de referència	
15 a	R	(0:01:21.0)[M] O sigui, fins aquí...es una representació	
16 a	F	(0:01:26.0)[1] Que es pugui veure	
17 a	R	(0:01:28.2)[M] que es pot veure... aquí poses a una altra mena de representació...d'acord..eh?...això ho teniu clar?	
18 a	F	(0:01:37.1) [Otro alumna] Però no s'hauria de fer així aquesta representació? Això es un model?	
19 a	R	(0:01:39.2) [M] Tot esta bé, per que en tot cas son elles els que us expliquen...la diferencia és que jo faig preguntes...d'acord amb aquesta visió que te del gas...pots tenir aquesta mateixa visió per mirar aquestes boletes...no...perdona això (refiriéndose a la representación de la madera)...entès?	
b	E		
c		(0:02:00.5)[1] Si..	
22 a	I		
23 a	R	(0:02:01.7)[M]Perdona, tu haves dit que això eren els gasos(representación de la madera)=...=	Ejemplo de aislación
24 a	F	(0:02:05.6)[1] el fum..=-...=	
25 a	R	(0:02:08.2)[M] ah, el fum... d'on surten els gasos...d'acord, o sigui els fum està explicat aquí...però això en part, després es això (tomando las bolitas negras y los objetos que representen la madera) és el que queda...no?	
b	F		
c		(0:02:22.5)[1][2]mmm ejum!	
26 a			
27 a	R	(0:02:22.8)[M] Vale? Jo pregunto ara, pots explicar això marron en termes de que surti això i això? (refiriéndose a el objeto que representa la madera)	
28 a	F	(0:02:29.4)[1] Sí	
29 a	R	(0:02:29.7)[M] Doncs això..	
30 a	F	(0:02:32.3)[1]Els àtoms de carboni...no?	
31 a	R	(0:02:32.5)[M] Però, a veure, fes-ho (moviendo las manos), 'transforma' això una mica..dic	
32 a	F	(0:02:38.0)[1]Això seria això...això (desmontando sus maquetas)..ara la quantitat no eh?, mes altres elements que no..Jo que se, la cel·lulosa, no se la fórmula...no se quins àtoms te!	Ejemplo de aislación
b	R		
33 a		(0:02:52.3)[otro alumna] però contenia....conté, lignina	

34 a	R	[3] CH ₃	
35 a	R	[Mei]Quins àtoms té la cel·lulosa?	
36 a	F	(0:03:01.1)[As] carboni, hidrogen i oxigen	
37 a	R	(0:03:03.0)[M]Que no poden ser altres..eh...no hi poden haver d'altres..enteneu.	
38 a	F	[1](asiente con la cabeza)	
39 a	R	(0:03:06.6)[M]Per tant, creues que això així suelto (separando equidistante las bolas de plastilina),	
b	F	explica que sigui un sòlid	
40 a		(0:03:10.2) [1] [2] No...	
41 a	R	(0:03:12.1)[M] Doncs, com faries per entendre que (junta las manos, expresando cohesión)...que	
b	F	no es un gas, com aquí (separando más las bolas)	
42 a		(0:03:17.2) [1] Que no es una molècula? No se... dons unir-los perquè formessin una molècula, no?	
	R	(agrupa las bolas) ara no se...	
43 a		(0:03:23.1)[2] amb les proporcions...justes	
44 a	R	(0:03:24.5)[1] clar, els proporcions	
45 a	R	(0:03:26.2)[M] Això és igual ara...és igual	
46 a	F	(0:03:30.1)[otra alumna] Pots fer una mica mes d'aquets amb aquest color	
47 a	R	(0:03:36.0)[2] Vols dir això (aplastando las bolas de plastilina)	
48 a	R	(0:03:41.6)[otra alumna] Sí, perquè clar, això es un sòlid i aquests són gasos que es representen	
b	R	amb molècules..no?	
49 a		(0:03:44.9)[1]El que passa es que són molts, molts, molts	
50 a	R	[otra alumna]que vegis que ...(...)	
51 a	R	(0:03:45.3)[M]Poseu-ne molts	
52 a	F	[1]Espera, que per fer molts agafem d'aquests (toman más bolas de una caja y los agrupan)	
53 a	R	[otra alumna] barrejats...no?	
54 a		[1][2]...(hablan simultàneamente...no se distingue)	
55 a		(0:03:55.9)[M]Barrejats...eh?	
56 a	F	(0:03:56.8)[otra alumna] Bé, aquí dic que la plastilina..vull dic que...hauria de estar...!	
57 a	R	(0:03:58.9)[1] Ja estem....	
58 a	R	(0:04:04.0)[2] Ja està, per aquí està el fum i aquí la part sòlida....(moviendo las manos alrededor de la maquetas)	
59 a		(0:04:04.2)[M] Bé, és interessant aquest canvi de escala, heu vist que no estava representant el	
b	E	mateix, i per tant els signes que utilitzaven us ha de dir (gesticulando)...que és diferent perquè	
c		aquí es petitó (tomando las bolas pequeñas negras) i aquí l'àtom és gros (bolas blancas) perquè	
d		aquí no representen la mateixa cosa.(moviendo las manos, señalando comparación).(Pone objeto	
e		flama frente a las bolas y hace nuevas preguntas).	
f		Si poses aquí escalfor, es fa veure que aquí els àtoms estaven enllaçats entre els o no?	
60 a	I	(0:04:32.6)[1][2] Sí...	
61 a	R	(0:04:34.6)[M]I Si la escalfo que fa?	L→R, explica
62 a	F	(0:04:35.3) [1] [2] Trenca els enllaços	
63 a	R	(0:04:37.9) [Mei] Per tant, trencar uns enllaços, en química, és un procés endotèrmic o	
64 a	F	exotèrmic...?	L→R, explica
65 a	R	(0:04:42.2) [1] Necessita energia per trencar-los (gesticula con las manos simulando el rompimiento)	
b			
c	E	(0:04:46.5) [M] Endotèrmic (gesticula con las manos simulando la ruptura), que això també es	
d		important en química recordar-ho, després veureu que els balanços de energia en química	
e		(gesticula imitando un balance) te que a veure amb els enllaços que es formen i els que es	
66 a	I	trenquen.	
67 a		Els que es formen són exotèrmics i els que es trenquen son endotèrmics?(gesticulando con las	
b	R	manos la acción de juntar y de separar)	
c	F	(0:05:08.6)[As] Endotèrmic	
d		(0:05:08.6)[M]..Sempre està aquets joc del'energia es compta així en química, 'es guarda' en els	
e		enllaços...doncs molt bé i aquet foc que tenim en aquí, també pot ser fusta que es crema de alguna	
68 a		manera, no?...doncs això és l'energia i això doncs és més complicat...l'energia és una qüestió	
69 a		immaterial eeeeh, és una qüestió complicada, com ja anirem veient, en canvi la flama ... sí que es	
b	R	material...	
	E	(0:05:46.7)[otra alumna]Ah sí?	
		[M]Clar la flama es matèria...ja veurem, són de les coses que anirem parlant...Ha estat interessant	
		aquesta qüestió, bé un altre grup.(0:06:03.7)	

- **Operando con ciclos. ¿Qué nos dicen los segmentos interactividad y mensajes de Paloma y A2, en el grupo 4?**

En el episodio 1 [Líneas 1-21c]

El grupo 4 en el extenso episodio 1, A1 (alumna 1) y A2 (alumna 2) nos presentan una historia mixta en función a la maqueta elaborada. Cada una de ellas aporta algo a la narración que versa sobre la transformación de la madera en algunos materiales,

concretamente en carbon. La historia tiene un inicio en los procedimientos; la docente interviene para tratar de darle un giro a la narración cuyo foco de es el diálogo entre la maqueta, el cambio químico y los fenómenos estudiados mediante la actividad experimental. Efectivamente la maqueta no muestra por si sólo los acontecimientos, es un apoyo a la narración y el mundo que hay allí es presentado por la narración de A1 y A2. (L→E) [Línea 1a]

Línea 1 a *Hi ha coses que no es veu però...això es el carbó*

Requiere imaginación que ayude en la tarea de conseguir que el modelo especulativo se ajuste al ‘fenómeno’ en estudio (o conseguir que el ‘fenómeno’ se ajuste al modelo redefiniendo lo que cuenta como ‘fenómeno’). Por ello, nuestra docente insiste en esta idea, que los alumnos den cuenta de como su maqueta contribuye a ello y sacar partido al constructo elaborado. Llegado a este punto, sólo le queda a A1 proporcionar a su historia palabras que den contenido al salto entre los dos mundos que presenta su maqueta. (L→R) [Línea 3a, b, c].

Línea 3 a *Doncs una vegada que ho escalfes, mentre la part sòlida es queda en el que*
 b *seria el carbó, l'altre reste de matèria es queda en forma de gas, i llavors en*
 c *aquest cas, àtoms de CO₂, H₂O.*

En episodio 2 [Líneas 22a-59f]

El segundo episodio es extenso, consta de 37 turnos, en el cual se discute sobre la ‘visión’ del gas que tienen los alumnos. La maqueta presenta dos mundos híbridos, el primero más próximo a lo macro que ‘explica’ la naturaleza de la madera y el ‘fuego’, y el segundo, una visión molecular del comportamiento de los gases que se desprenden de la reacción. No obstante presentamos un ejemplo de ‘aislamiento’ en el cual se han desconectado del fenómeno en estudio, y del relato [Línea 22-26]

Línea 22 a *[1] Si...*
 Línea 23 a *[Mei]Perdona, tu havies dit que això eren els gasos*
 Línea 24 a *[1] El fum...=...=*
 Línea 25 a *[M] Ah, el fum... de on surten els gasos...d'acord, o sigui els fum està explicat*
 b *aquí...però això en part, després es això (tomando las bolitas negras y los*
 c *objetos que representen la madera) el que queda...no?*
 Línea 26 a *[1][2] mmm ejum!*

Al punto de llegar a la desesperación y tensión [Línea 27-33]

Línea 27 a *[M] Val? Jo pregunto ara, pots explicar això marron en termes de que surtí*
 b *això i això? (refiriendose al objeto que representa la madera)*
 Línea 28 a *[1] Si !*
 Línea 29 a *[M] Doncs això...*
 Línea 30 a *[1]Els àtoms de carboni...no?*
 Línea 31 a *[M] Però, a veure, fes-ho (moviendo las manos), 'transforma' això una*
 Línea 32 a *mica...dic*
 b *[1]Això seria això...això (desmontando sus maquetas)..Ara la quantitat no eh?, més altres elements que no...Jo que se, la cel·lulosa, no se la fórmula...no se quins àtoms te!*

A medida que Paloma y A2, con su relato se esfuerzan en conectar las dos visiones, la tercera alumna participa de la narración a modo de apoyo u orientación. Lo interesante de la exposición son los cambios de escala que se realizan entre el macro y el micro.

En el episodio 3 [Líneas 60a- 65e]

En el tercer episodio la docente concede tantas ayudas e intervenciones como pueda con el fin de realizar los ajustes a los giros determinados, hasta llegar al tercer episodio,

cuando logra sacar en concreto que la maqueta que han creado permite hablar de dos cosas: los equilibrios de energía y el tipo de sistema (exo o endo) para los estados sólidos (madera) y gaseoso (en productos como dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapor de agua, otros) y cambio químico y de estado que hay en el fenómeno. (L→R) [Líneas 62-64].

Línea 62 a [1][2] trenca els enllaços

Línea 63 a [M] Per tant, trencar un enllaços amb química es un procés endotèrmic o
b exotèrmic

Línea 64 a [1] necessita energia per trencar-los

En el episodio 4 [Líneas 66a-69b]

La dificultosa tarea de dar concreción, coherencia y pertinencia a la historia llega a su finalización. La multiplicidad de solapamientos de turnos en la transcripción da cuenta que hay algunas ideas negociadas y consensuadas entre A1 y A2. La función de la una tercera alumna, es tantear su propio modelo especulativo de cambio químico, ya que ella será la narradora, a continuación, en el grupo 5.

▪ Resumen de logros por episodios para Paloma

Episodios	Lenguaje → Representación	Representación → Lenguaje	Lenguaje → Experimento	Experimento → Lenguaje	Representación → Experimento	Experimento → Representación
	1	- Proporciona palabras para enriquecer	∅	- Denota un procedimiento, o indicación.	∅	∅
2	∅	∅	∅	∅	∅	∅
3	- Propociona palabras para explicar el modelo.	∅	∅	∅	∅	∅
4	∅	∅	∅	∅	∅	∅

Tabla 6.11. Resumen de logros por episodios de Paloma

Presentamos a Paloma como un caso en el cual, pese a disponer de la transcripción y los archivos video, fue arduo el encontrar un patrón que nos diera pistas sobre el camino que deseaba seguir, así como de la historia que deseaba narrar. Esperamos haber tenido el suficiente tacto para captar sus intentos y logros.

- Registro y recuento de los giros / logros

Total, 4 episodios en 69 turnos
Emergencia de Alumna [1] en un ciclo IRF, en fase R (respuesta)
Inicio de su intervención min. 0.00.04
L→E = 1
L→R = 2, 3, 4
Fin de su intervención min. 0.05.08

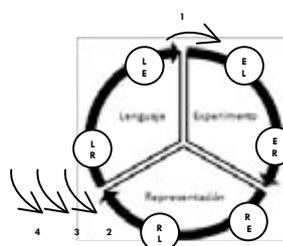
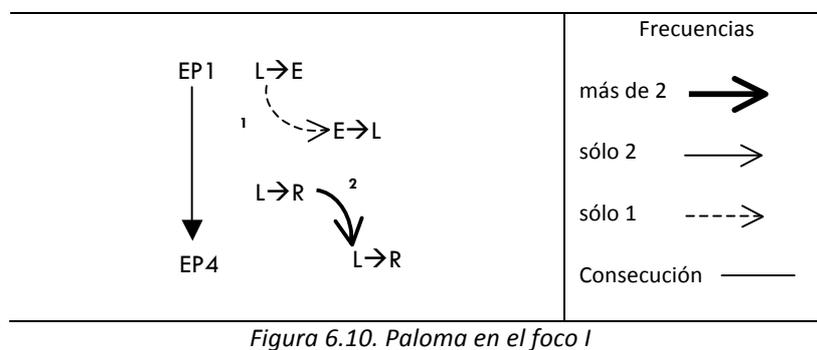


Figura 6.9. Representación de los giros en la narración de Paloma en el grupo 4

La figura 6.9 nos da cuenta de aquellos aspectos recurrentes en la historia de A1. La maqueta desarrollada por el grupo es un 'hibrido' que representa eventos que ocurren a nivel macro, y otra parte, referente a los gases, a nivel micro.

Se establecen los siguientes sucesos:

- Un episodio puede contener situaciones que desde los marcos teóricos iniciales que sustenta el trabajo, no pueden abordados
- Tal como en los casos anteriores, se aprecian diferentes transiciones por cada episodio. Así, p.e. en el EP1 narra una ejecución $L \rightarrow E$ seguido de palabras que enriquezcan la ejecución de lo que explica la maqueta, es decir, la plastilina que es árbol y a la vez carbono; ante un accidentado encuentro con el fuego es carbono y otros gases $L \rightarrow M$. Posteriormente en EP2, hay un 'vacío' en la historia. En EP3, más explicaciones del 'modelo híbrido', para cerrar y concluir que es un proceso exotérmico. $L \rightarrow M$. A partir de las transiciones, diagramamos el 'camino' que hace A1 entorno a la descomposición de la glucosa:



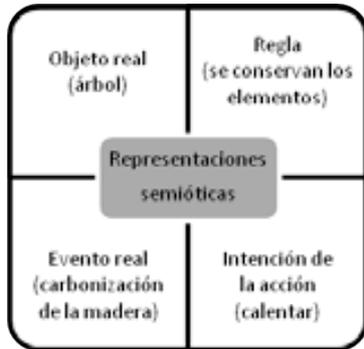
Así en:

- Desde el lenguaje al experimento se trabaja a nivel de relación del lenguaje, cuando establecemos funcionalidades y finalidades. En caso de Paloma, viene de dar cuenta de los procedimientos realizados para 'elaborar su maqueta'. La frecuencia de esta transición es de carácter *debil*.
- Del lenguaje a la representación estamos proporcionando el 'lenguaje' que necesita la representación para 'darle forma'. En el caso de Paloma sus palabras actividades explican la representación desarrollada. Por las recurrencias encontradas en el texto, decimos que esta transición en Paloma es de carácter *fuerte*.

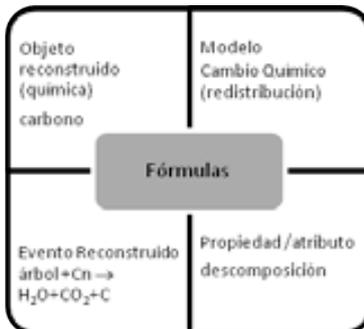
Destacamos la viabilidad de la maqueta, y el rol del docente para hablar de otras entidades que en los otros casos no dio tanto juego, aunque hubiese sido ideal que esta promoción de los cambios de escala la hubiese desarrollado A1 en G4. De manera propia, creemos que no manejar la espontaneidad es la causa del aislamiento que se aprecia en EP2 y genera el 'corte' en relato sobre cómo la madera se transforma en carbón y del cuál es origen de los gases que emergen del proceso.

- **Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es transitar por los ‘dominios’ de la realidad. El mundo real y reconstruido por Paloma en G4.**

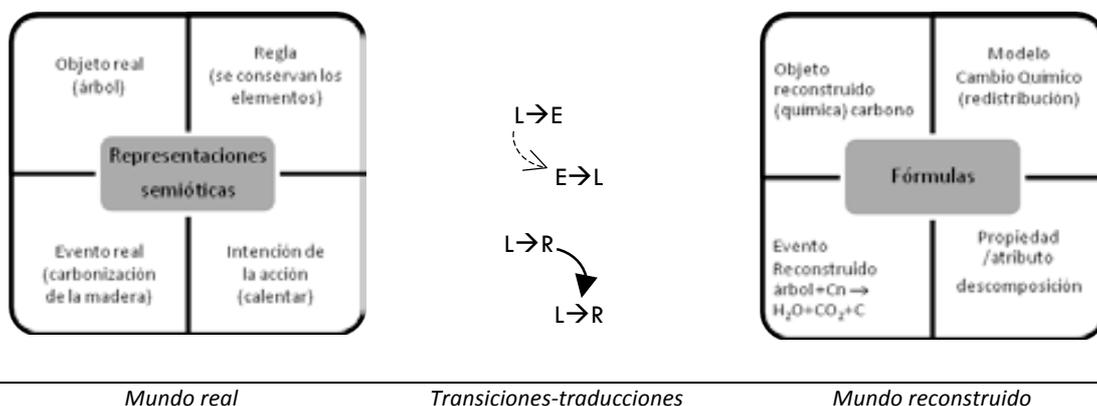
Existe un mundo narrado por Paloma construido, negociado y consensuado en equipo por A2, A3, al cual sólo accedemos mediante la exposición de la maqueta. En el destacamos los objetos que son reales: árbol, madera, fuego, vapor, aire y residuos.



El objeto reconstruido por Paloma es el ‘árbol’, que posteriormente es madera y que más tarde es carbón y posteriormente carbono. El objeto químico inicial sobre el cual se trabaja es el árbol, más tarde hay carbonos, hidrógenos y oxígenos.



A nivel de evento, la semi ecuación de oxidación reconstruye una parte del fenómeno, a nivel macro. Para Paloma, a nivel micro es mucho más complejo. A nivel de reglas, el operante es el cambio químico y la regla de conservación de los elementos. Pero esta regla a Paloma la desconcierta, cómo cambiar del macro al micro en el tratamiento del CO₂ y el resto de los ‘humos’ que aparecen, sumado a la descomposición de la madera.



En este caso particular, Paloma hace públicas sus ideas a través de la maqueta que presenta y reconstruye el fenómeno a dos niveles. Así, su relato intenta abordar desde ambas perspectivas, una inicial perteneciente al mundo macro, al cual pertenece la planta, la madera, los sólidos; y otro en el cual conviven los gases, los átomos, lo micro que conforman los productos, dióxido de carbono y vapor de agua.

e) EL CASO MARÍA EN GRUPO 5

Clip	Tiempo	Alumnos /Año 3 paralelo 1	Fotograma del grupo
Modulo 1 Sesión 5 Clip 35	Duración de la exposición 4'12''	[1] María [2] Alumna [3] Alumna [as] Todas [M] Docente	

Transcripción

Turno	Ep	Transcripción	Noció
		Comienza María en etapa R del ciclo, proveniente de la consigna anterior dada al grupo 1. Su maqueta está formada por bolas de porespan y mondadientes.	
1 a	I	(0:00:00.0)[M] I això, és?	
2 a	R	(0:00:03.2)[1] És el nostre model 3D. Això, representa que és les serradures (tomando la maqueta),	E→R, semejanza
b		y hem simbolizat que és tot això. Sense tenir en compte cap numero de res, però simbolitza el	
c		següent. Sabem que en les serradures hi ha àtoms de carboni que són els negres, els d'oxigen que	R→L, nombrar
d		són els blancs (bolas de menor tamaño)...els hem canviat, i els blaus que són els hidrògens,	
e		d'acord. Llavors sabem que hi ha ...com que és una reacció endotèrmica per tant necessitem	L→R, enriquece
f		oxigen (toma la maqueta) per a que hi hagi una reacció,... hi ha enllaços...i obtenim tot això.. (pasa	
d		el turno de palabra a A2)	
3 a	R	(0:00:36.0)[2] I veiem que surt aigua, CO ₂ i carboni...(indicando las maquetas respectivas)	L→R, enriquece
4 a	R	(0:00:43.1)[1] I això és la representació que hem fet...i llavors el que hem volgut en aquest cas és	L→R, explica
b		que quedés constància...és que si contem tot el que obtenim aquí (refiriéndose a las maquetas que	
c		representan a los productos) és el mateix que tenim aquí (refiriéndose a los reactivos), ni sobra, ni	
d		falta res. Per tant hi ha una transformació però que es mantenen, no? (palmas sobre las maquetas)	
e		tant en el carbó, com en les altres substàncies que se obtenen.	
5 a	F	(0:01:06.5)[M] Bé aquí hi ha un problema que és amb això que tenim aquí. (tomando la maqueta	
b		de oxígeno)	
6 a	R	(0:01:11.1)[1] Amb el oxigen	
7 a	F	(0:01:12.2)[M] Si, a veure ...si vosaltres escriviu això, està bé, i ho esteu representant com una	
b		equació química.	
8 a	R	(0:01:18.5)[1] Si...bé si, jejeje (rien, sobre la casualidad del evento)	
9 a	F	(0:01:20.8)[Mei] Bé, esteu representant això. El que passa.. és que la reacció en la qual intervé el	
b		oxigen és una combustió...i no és una descomposició de la fusta sinó que la esteu cremant la	
c		fusta...	
10 a	R	(0:01:36.2)[1] Ah!, vale	
11 a	F	(0:01:37.3)[M] O la cremeu alhora que la descomponeu, probablement	
12 a	R	(0:01:39.8)[1] Però de fet hem afegit l'oxigen perquè ens faltava (jejej, risas, y poner la palma	L→R, enriquece
b		sobre las maquetas) a l'hora de convertir llavors dèiem ...alguna cosa ens faltava...	
13 a	F	(0:01:46.7)[M] Pues, doncs jo diria que l'oxigen, jo ho enganxaria en qualsevol altre lloc..	
14 a	R	(0:01:55.5)[1] llavors ho hem posat aquí...perquè..vam veure que estan ocupades	
15 a	F	(0:02:00.3)[M] I això blau es el hidrogen..?	
16 a	R	(0:02:01.7)[1] Si,	
17 a	F	(0:02:03.0)[M] i llavors ha de ser per aquí..(Tomando la maqueta e incorporando 'bolitas	
18 a	R	hidrogeno')	
19 a	F	(0:02:08.9)[1] i llavors per això vam...això millor	
20 a	R	(0:02:10.8)[M] i llavors a part de això, hi hauria l'energia que no la representem	
21 a	E	(0:02:13.5)[1] No, no la hem epresentat amb cap boleta.	
b		(0:02:15.7)[M] Ho veieu, la diferencia? Fixeu-vos que moltes vegades s'asimila l'oxigen a l'energia,	
c		perquè les reaccions en les quals intervé l'oxigen normalment són reaccions que desprenen	
d	I	energia, però clar, no es el mateix, ho veieu amb el esquema aquest vale....	
e		Llavors les relacions de massa, per tant sabeu, que passarà tant això, com això d'allà. (Refiriéndose	
22 a	R	a cada extremo de la ecuación química representada en la maqueta).	

23 a	F	(0:02:40.1)[As] Sí, mmmm, com això d'allà.	
b		(0:02:44.6)[M]Ara, jo faig una pregunta graciosa, eh!...Ara imagineu que joestic escalfa'n això i	
c		d'alguna manera, se me'n va això (retirando una bola blanca, oxigeno, de la maqueta	
24 a	R	inicial)..Mmm, suposem que hi ha un canvi de massa, no? (Bé, és un àtom de hidrogen).	
25 a	E	(0:03:00.6) [1] En aquest cas ha de ser aquest, un oxigen.	R→L, nombrar
26 a	I	(0:03:02.1)[M] Bé un oxigen, se'n va això...vale?	
27 a	R	(0:03:02.3) [As]sí	
28 a	E	(0:03:05.9) [M]Hi ha un canvi de massa...	
29 a		(0:03:06.1) [1] Sí	
30a	I	(0:03:07.5) [M] Ara, jo repeteixo i se me'n va això (retirando nuevamente más bolas de la maqueta	
b		original, pero ahora una 'bolita' azul-hidrogeno), hi ha un canvi de massa.	
31 a		Es el mateix canvi el canvi de massa o no?	
32 a	R	(0:03:16.3)[1] Son àtoms diferents...	R→E, relació
33 a	F	(0:03:17.7)[M] Son àtoms diferents, per tant	
34 a	R	(0:03:19.4)[1] per tant, diferents. Es clar per tant, aquí serà diferent.	
35 a	F	(0:03:23.8)[M] Bé, però aquí en aquest cas, és això, no és el mateix treure aquet àtom, que treure	
b		aquest altre, ho teniu clar....	
36a	R	(0:03:28.9)[As] síiii. sí	
37a	E	(0:03:32.4)[M]Que la diferencia de color en definitiva te a veure amb la diferencia entre les	
b		masses, aquesta és la idea que treballarem i hem de treballar molt, perquè és una idea bastant	
c		complicada en química però és important, doncs molt bé...la diferència és que això compacte és un	
d		sòlid i això suelto són molècules que, en ser petites, són un gas o poden ser un líquid també, ara	
e		vosaltres que teniu aquí, que utilitzeu el model més científic.(0:04:12.7).	
Fin transcripció			

- **Operando con ciclos. ¿Qué nos dicen los segmentos interactividad y mensajes de María y A3, en el grupo 5?**

En el episodio 1 [Líneas 1a-21c]

El grupo 5 en el episodio 1, María y A2 (alumna 2) presentan su historia en base a una maqueta elaborada con bolas de porespan y palillos. Modelo y maqueta conviven en los actos de habla de A1, estableciendo semejanzas entre el fenómeno (la combustión de la madera) y lo que representa la maqueta. (E→R) [Líneas 2 a, b].

Línea 2 a [1] *Es el nostre model 3D. Això, representa que és les serradures, y ho'm simbolizat que es tot això.*

Según la historia de A1, hay cosas que estan hechas de carbono, y la palabra carbono es lo que tienen en común, como también, oxígeno e hidrógeno (R→L) [Líneas 2 b, c, d].

Línea 2 b *Sense tenir en compte cap numero de res, però simbolitza el següent. Sabem*
 c *que en les serradures hi ha àtoms de carboni que són els negres, els d'oxigen*
 d *que són els blancs (bolas de menor tamaño)...els hem canviat, i els blaus que son els hidrògens, d'acord.*

Asimismo la maqueta ha de dar cuenta de la combustión de la madera, que es oxidación de un material, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama. La función del oxígeno, en esta historia enriquece y sustenta la reacción exotérmica. (R→E) [Línea 2e, f].

Línea 2 e *Llavors sabem que hi ha...com que és una reacció endotèrmica per tant*
 f *necessitem oxigen (toma la maqueta) per a que hi hagi una reacció.... hi ha enllaços....i obtenim tot això.*

En la historia que desea circular A1 ha de tener cabida A2, así A2 interviene en la historia acompañando con aquellas palabras que apoyen o enriquezcan la narración. (L→R) [Línea, 3a].

Línea 3 a [2] *I veiem que surt aigua, CO₂ i carboni...*

El acontecimiento es la combustión de la madera, que es narrada a través de un instrumento (la maqueta) que media entre dos mundos el real y el construido por la química: un mundo donde todo se conserva, la masa en los átomos, y los elementos (L→R) [Líneas 4a-e].

- Línea 3 a [1] *I això és la representació que hem fet...i llavors el que hem volgut en aquest cas que quedés constància...és que si contem tot el que obtenim aquí (refiriéndose a las maquetas que representan a los productos) és el mateix que tenim aquí (refiriéndose a los reactivos), ni sobra, ni falta res. Per tant, hi ha una transformació però que es mantenen, no? (palmas sobre las maquetas) tatr en el carbó, com en les altres substàncies que se obtenen.*

En el episodio 2 [Líneas 21d- 25a]

Seguimos trabajando por episodios, pero ahora le corresponde a A1 poner a prueba su maqueta y responder a nuevos eventos y nombrar aquellas entidades que participan en el evento. (L→R) [Línea 24 a]

- Línea 24 a [1] *En aquest cas es un oxigen.*

En el episodio 3 [Línea 26a-35]

Las normas de juego establecen las diferencias entre las entidades, aunque se cambien las reglas de juego sobre la entidad seleccionada, en términos de átomos. Por tanto cada átomo que se retire de la escenificación cuenta (L→E) [Línea 31a]

- Línea 31a [1] *Son àtoms diferents...*

Finalmente la historia cierra entorno a la diferencia de colores de los materiales que tiene que ver con una diferencia de masa; pero para comprender esta idea, será necesario previamente trabajar la ontología de la química y, de manera especial tiene en cuenta la magnitud, cantidad de sustancia y su unidad, el mol.

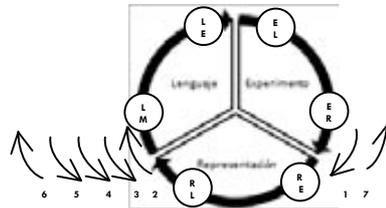
▪ Resumen de logros por episodios para María

Episodios	Lenguaje → Representación	Representación → Lenguaje	Lenguaje → Experimento	Experimento → Lenguaje	Representación → Experimento	Experimento → Representación
	1	- Se ofrecen palabras para enriquecer y concretar la idea de modelo sustentado en la maqueta - Se ofrecen palabras para explicar el modelo	-Se dan nombre a las entidades que participan del proceso	∅	∅	∅
2	∅	Se dan nombre a las entidades que participan del proceso	∅	∅	∅	∅
3	∅	∅	∅	∅	- Una relación con una entidad establecida previamente	∅

Tabla 6.12. Resumen de logros por episodios de María

▪ *Registro y recuento de los giros / logros*

Total: 3 episodios, 35 turnos.
 Emergencia de María en un ciclo IRE o IRF, en estado R (respuesta)
 Inicio de su intervención min 0.00.03
 $E \rightarrow R = 1$
 $R \rightarrow E = 7$
 $L \rightarrow R = 3, 4, 5,$
 $R \rightarrow L = 2, 6$
 Fin de su intervención min 0.03.28.9



Emergencia de Alumna [3] en un ciclo IRE o IRF, en estado R (respuesta)
 Inicio de su intervención min 0.00.36
 $L \rightarrow R = 1$
 Fin de su intervención min 0.00.43

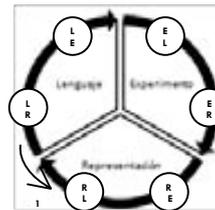


Figura 6.11. Representación de los giros en la narración de María y A3 en el grupo 5

Se establecen los siguientes sucesos:

- Como en casos anteriores, damos cuenta de las transiciones que logramos distinguir por cada episodio. Así en EP1 se establecen semejanzas entre hecho y maqueta $E \rightarrow R$, se han de nombrar las entidades participantes $R \rightarrow L$, y explicar cada una de ellas $L \rightarrow R$ para conectar con la maqueta. Segundo, en EP2 se enriquece el relato aportando acontecimientos que proporcionen equilibrio $L \rightarrow R$. Finalmente, en EP3, se conectan las relaciones preestablecidas entre las entidades $R \rightarrow E$.
- A partir de las transiciones, diagramamos el 'camino' que hace María entorno a la descomposición de la glucosa:

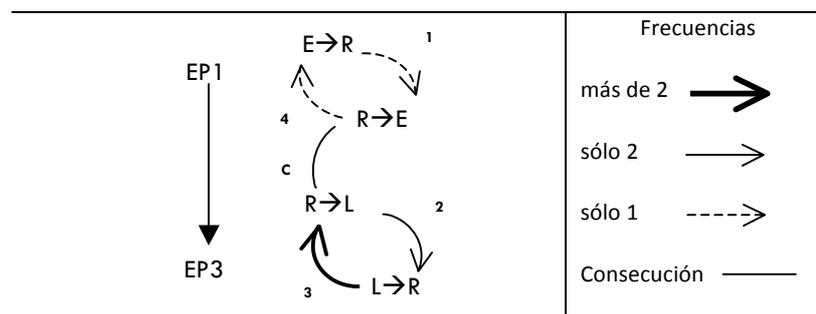


Figura 6.12. María en el foco II

En:

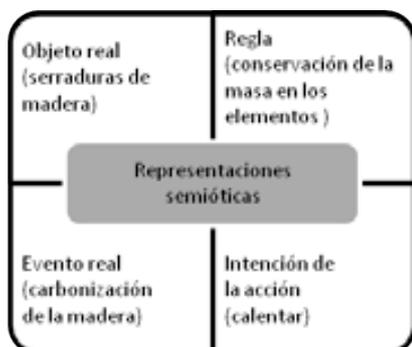
- En esta transición es cuando se han de mencionar semejanzas entre hechos del mundo, es decir, la carbonera y otras familias de fenómenos que tengan semejanzas. No obstante, María establece semejanzas entre

la maqueta y la carbonera como también con los símbolos. Asimismo su regularidad es baja por tanto diremos que su transición del experimento al modelo es de carácter *débil*.

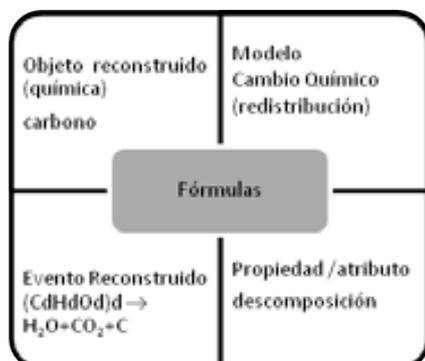
2. En esta transición, es dar lenguaje a algo que lo ayude a caracterizar el modelo. Así, María proporciona nombre a las entidades que participan del proceso, su regularidad es media por lo que su viaje entre el modelo y el lenguaje empleado es de carácter *medio*.
3. María ofrece nociones para enriquecer y concretar la idea teórica que sustenta su maqueta. La regularidad que observamos en esta transición es de carácter *fuerte*.
4. En esta transición, una vez que se tiene el modelo teórico éste permite interpretar otro hecho del mundo. María, establece relaciones preestablecidas anteriormente pero con elementos pertenecientes a la maqueta. La regularidad, en esta transición, es de carácter *débil*.

▪ **Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es transitar por los ‘dominios’ de la realidad. El mundo real y reconstruido por María en G5.**

Existe un mundo narrado por María construido, negociado y consensuado en equipo por A2, A3, al cual sólo accedemos mediante la exposición de la maqueta. En él destacamos los objetos que son reales: madera.

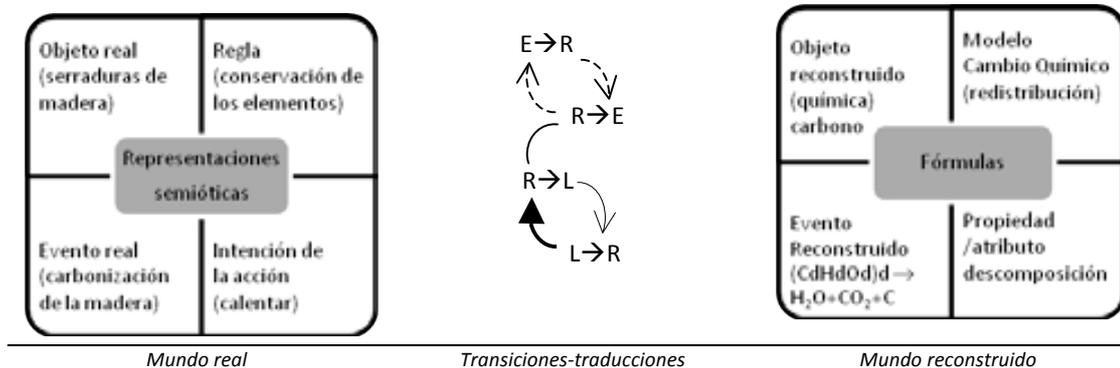


El objeto serrín es reconstruido a celulosa en términos de carbonos, hidrógenos y oxígenos.



A nivel de evento, la semi ecuación de oxidación, reconstruye una parte el fenómeno, que es mucho más complejo. A nivel de reglas, el operante es el cambio químico (la

conservación de los elementos) y la intención de la acción se refleja en la descomposición de la madera.



María a reconstruido el hecho (madera) en términos de la química a través de su maqueta (de bolas de porspan). La maqueta es presentada estableciendo un simil con la expresión simbólica de una reacción al igual como los otros casos.

f) EL CASO MARTA EN GRUPO 6

Clip	Tiempo	Alumnos /Año 3 paralelo 1	Fotograma del grupo
6		[1] Alumna [2] Marta [3] Alumna [M] Docente	

Transcripción

Turnos	Ep	Transcripción	Noción
		Las alumnas están frente a las maquetas de esfera-varilla. Por un lado tienen, estructuras de moléculas de agua, carbono, dióxido de carbono.	
1 a	R	(0:00:00.0)[1] De uns canvis...químics se obtenen...amm, se obté carbó, després...hai!	R→L, nombrar
2 a	R	(0:00:11.8)[2] H ₂ O	
3 a	R	(0:00:13.6)[1] H ₂ O, si H ₂ O i	R→L, nombrar
4 a	R	(0:00:14.7)[3] aigua	
5 a	R	(0:00:17.5)[1] ahí, sí...CO ₂ , jejeje.	R→L, nombrar
6 a	F	(0:00:21.2)[M] ¡ más cosas, no? Perquè també pot ser, metanol, àcid acètic	
7 a	R	(0:00:24.7)[1] Sí, altres	
8 a	F	(0:00:27.0)[M] Si altres coses..que sortiran, de tot això.	
9 a	R	(0:00:31.2)[1] Sí, ja.	
10 a	F	(0:00:33.1)[M] Bé, ara mireu...com és l'estat?	
11 a	R	(0:00:35.0) [3] Com estat...	
12 a	R	(0:00:37.5)[2] Si l'estat és sòlid, ho he posat així tan llarg ...que es vegi, si...jejeje	E→R, analogía
13 a	R	(0:00:39.3)[Mei] i ara tu podries representar,(moviendo las manos en forma de círculo)	
14 a	F	(0:00:41.5)[1] comm,	
15 a	F	(0:00:42.8)[M] el procés? Sí, una mica	
16 a	R	(0:00:43.9)[1] Sí, (toma la maqueta de la 'celulosa')	
17 a	R	(0:00:45.3)[3] Com es pot? Sí, (La alumna[2] afirmando con la cabeza, mientras la alumna [1] comienza a desmontar la maqueta de esfera-varilla)	
18 a	R	(0:00:47.9)[1] així..	
19 a	R	(0:00:49.3)[2] treure aquest (la alumna [2] asiste a la alumna [1], el la tarea de desarticular), el carboni, es tot això...així	
20 a	F	(0:00:51.3)[M] Tot això és una interacció en la qual comencen a haver-hi brbrbrbrbr, rebombolides .. (diriguyéndose al público)	
21 a	R	(0:00:53.9)[3] els carbonis...els oxigens, i llavors	
22 a	R	(0:00:57.1)[otra alumna 1] la interacció seria...entre els enllaços...interacció?	

23 a	F	(0:01:00.6)[Mei] en escalfar es comencen a... imagina, a saltar (moviendo las manos arriba y abajo) no, a trencar-se, els que es trenquen interaccionen entre els..eh? perquè són coses inestables, van reorganitzant-se i al final donen substàncies que són més estables, no?	
b			
c			
24 a	R	(0:01:20.3)[1] el carbó i són.....	R→L, nombrar
25 a	R	(0:01:24.2)[3] per formar aquestes	
26 a	R	(0:01:26.1)[1] el CO ₂ ...el agua	R→L, nombrar
27 a	F	(0:01:30.4)[M] i llavors l'oli que seria per exemple.....ara faig una mica de... (tomando las esferas y varillas, enganchando para formar algo)	
b			
28 a	R	(0:01:40.2)[3] hidrocarburs	
29 a	F	(0:01:43.9)[M]...una trampa, suposem que el carbó sòlid que queda més aviat seria això o seria això (refiriéndose a cada maqueta que tiene en sus manos).	Aislación
b			
30 a	R	(0:01:48.4)[1] Aquest (apuntando a la mano izquierda)	
31 a	F	(0:01:49.3) [M] i l'oli?	
32 a	R	(0:01:50.4)[2] a vale?... (apuntando a la mano derecha)	
33 a	R	(0:01:56.2)[otra alumna 2] perquè aquest te un enllaç amb aquest	
34 a	R	(0:01:57.4)[as] Així, sí, vale? que vam estudiar-ho...	
35 a	E	(0:01:59.4)[M] no, no, a veure...jo dic, tenim...suposem que ara agafem una altre coses d'aquestes, per exemple jo que se...	
b			
c	I	Imagina que ara ho enganxo més...eeee	
36 a	R	(0:02:24.4)[otra alumna 1] què és l'oli i què és el carbó.	
37 a	F	(0:02:25.5)[M] que és l'oli i què és el carbó?	
38 a	R	(0:02:27.4)[2] carbó (indicando la mano derecha) i oli (indicando la mano izquierda)	
39 a	F	(0:02:29.6)[M] per què això és l' oli?	
40 a	R	(0:02:30.4)[otra alumna 1] jo ho veig al revés	
41 a	R	(0:02:32.3)[otra alumna 2] doncs això és líquid	
42 a	R	(0:02:33.5)[1] més cadenes	
43 a	R	(0:02:34.7)[otra alumna 2] no, perquè tenia doble o triple enllaç, però ara no me'n recordo	
44 a	F	(0:02:38.1)[M] bueno ara és igual...bé aquí (mano izquierda) hi ha més àtoms enllaçats que aquí...eh, doncs quin us sembla que te...diguéssim, possibilitats de ser un líquid que se evapori o no.	
b			
c			
45 a	R	(0:02:54.9)[1] el que te més enllaços	
46 a	F	(0:02:56.9)[M] aquest quin serà?(mano izquierda)	
47 a	R	(0:02:57.7)[as] l'oli	
48 a	F	(0:02:58.3)[M] i aquest (mano derecha)	
49 a	R	(0:02:58.8)[as] el carbó	
50 a	F	(0:03:01.8)[M]....pppp, ssss....	
51 a	F	(0:03:04.1)[otra alumna 1] no és...	
52 a	R	(0:03:05.4) [3] te enllaços per trencar-se, per tant	L→R, enriquece
53 a	R	(0:03:08.5)[otra alumna 1] perquè ha de donat energia...no?	
54 a	R	(0:03:09.7)[3] o sigui, més sòlid,	
55 a	R	(0:03:11.9)[2] o perquè està més separat	
56 a	E	(0:03:13.2)[M] o sigui el fet que tu tinguis una estructura que a través de la reorganització van quedant carbonis i carbonis enganxats i són una estructura molt enorme, això és un sòlid, mentre que d'alguna manera són molècules més discretes, tenen més facilitat per...clar, s'han de separar, han de passar a gas, encara que de seguida es condensin, perquè de fet es condensen, però han hagut de separar-se, han hagut de passar a gas.	
b			
c			
d			
e			
f	I	Per tant, si la molècula és més petita és més probable que sigui un gas que no pas si és enorme com aquesta (refiriéndose a la celulosa), que es una cosa enorme que això serà un sòlid, la seva estructura, eh?	
g			
h			
57 a	R	(0:03:56.4) [3] Els enllaços són els que fan una estructura... (moviendo las manos)	L→R, enriquece
58 a	F	(0:04:01.5)[M] Si, una estructura, que això passa a una escala molt gran. Però ara si jo dic que de tot això que hi ha aquí, com pot ser que surti metanol? Suposem que hagi passat que de moment surten aquestes coses no?...que no són aquestes, però que després estan en el fum final?	
59 a			
60 a			
61 a			
62 a	R	(0:04:24.9)[3] Doncs, s'enganxen..	
b	E	(0:04:28.1)[M] exacte, se enganxen, de alguna manera...	
c	I	O sigui han de pensar que els gasos que surten poden interaccionar de alguna manera entre ells també..No?. Teniu mes preguntes per a fer-los...mes preguntes, queda una mica clar el procés d'aquesta qüestió.	
63 a			
b	R	(0:04:49.3)[otra alumna 2] Per què havien dit que aquell era líquid perquè, si se escalfava tenia mes possibilitats que..	
64 a			
65 a	R	(0:04:55.2)[2] quan s'escalfen s'obrin....	
66 a	R	(0:04:58.0)[otra alumna 2] quan se escalfen es tanquen mes fàcilment?	
b	F	(0:04:59.3)[M] no, al revés..., hi ha això i això ve de allà. Que separant coses, trencant-ne algun han sortit àtoms de carboni, que han sortit d'aquesta manera enganxant l'oxigen i l'hidrogen que hi havia i altres han quedat endarrera i s'han enllaçat entre ells i formen un estructura gran, i això era una estructura grossa, doncs igualment aquests restes que queden per aquí al mig s'han reorganitzat i formen una estructura gran. I alguns d'aquí es separen...algunes, que son aquestes (Volviendo a referirse a las maquetas que iniciaron el debate)...llavors, quina és més fàcil que hagi passat a gas. Aquesta (mano derecha) o aquesta (mano izquierda).	
c			
d			
e			
f			
g			
h			
67 a			

68 a	R	(0:05:47.4)[otra alumna 2] La petita.	
b	E	(0:05:48.6)[M] la petiteta, això és el que deixem, que per representar l'oli, que de fet no	
c		l'obtenen enganxat a les serradures, sinó que l'obtenes més enllà.	
69 a	I	Dic que s'ha n'anat, s'ha anat com passant por gas, no?	
70 a	R	(0:06:01.4)[3] val	
b	F	(0:06:02.2)[M] i llavors aquesta estructura explicaria millor aquest procés en el que passa	
c		aquesta, que se ha quedat allà enrere, i que hi ja veus que és més solida... si aquesta la faig	
71 a		reaccionar, amb...(dirigint-se a la alumna 1) de aquí quin és l'oxigen.	
72 a	R	(0:06:18.0)[2] El vermell, només el vermell	
73 a	F	(0:06:22.7)[M] El vermell...doncs a veure, representa el oxigen.	
74 a	R	(0:06:28.7)[3] És que és això	
b	E	(0:06:30.0) [M] Bé, com que l'oxigen de alguna maneraa veure si estan d'acord amb el	
c	I	que estic fent ara... si l'oxigen que hi ha l'aire es això, O ₂ , si això interacciona amb això,	
75 a		forma això.	
76 a	R	(0:06:53.3) [3] CO ₂	R→L, nombrar
b	E	(0:06:54.9) [M] I això seria una combustió. Però això (refirint-se a la estructura grande)	
c		també es combustible, però no és que se evapori, sinó que interacciona amb el oxigen i	
		forma una substància que es el CO ₂ , si una mica veieu...[...].	
		(0:08:10.8)Fin transcripció.	

- **Operando con ciclos. ¿Qué nos dicen los segmentos interactividad y mensajes de Marta, A2 y A3, en el grupo 6?**

En el episodio 1 [Línea 1a-35b]

El grupo 6, episodio 1, Marta, A2 (alumna 2) y A3 (alumna3) presentan su historia en base a una maqueta elaborada por esferas y varilla. La docente media para llevar a buen término las entidades trabajadas en la exposición. Así en paralelo Marta, A2 y A3, comienzan el relato nombrando aquellas cosas que hay en común entre maqueta y lo que se representa (R→L) [Líneas 1-5].

Línea 1 a [1] De uns canvis...químics se obtenen..amm, se obté carbó, després...hai!
 Línea 2 a [2] H₂O
 Línea 3 a [1] H₂O, si H₂O i
 Línea 4 a [3] aigua
 Línea 5 a [1] ahí, si....CO₂, jejeje.

Siguiendo el relato para el grupo, este tipo de maqueta les facilita una mirada entorno a la estructura interna de la madera (celulosa a partir de cadenas de glucosas). La estructura invita a A2 a dar cuenta sobre el estado básico de la madera y establecer una analogía. (E→R) [Línea 12a].

Línea 12 a [2] Si l'estat sòlid, ho he posat així tan llarg ...que es vegi, si...jejeje

A medida que se avanza en el relato, se ha de hablar sobre la funcionalidad de la maqueta, en un contexto (la aproximidad a una fuente de calor). La ruptura de los enlaces da origen a nuevas sustancias estables y a, proporcionarles un nombre (R→L) [Líneas 24 y 26].

Línea 24 a [1] el carbó i son
 Línea 25 a [3] per formar aquestes
 Línea 26 a [1] el CO₂..l'aigua

Una vez formados los productos, y recuperando ideas anteriores, la docente quiere tentar hasta que punto, existe un dominio de la representación, en función al estado de las especies formadas. Nuevamente encontramos como en el caso de A1 en G4, un ejemplo de aislamiento, donde A1, A2 y A3 no logran conectar los eventos u demandas solicitadas.

Línea 29 a [M]...una trampa, suposem que el carbó sòlid que queda més aviat seria això
 b o seria això (refirint-se a cada maqueta que tiene en sus manos).
 Línea 30 a [1] aquest (apuntando a la mano izquierda)

- Línea 31 a [M] i l'oli?
 Línea 32 a [2] a vale?...*(apuntando a la mano derecha)*
 Línea 33 a [otra alumna 2] per què aquest te un enllaç de aquest
 Línea 34 a [as] així sí, vale? que vam estudiar-ho.
 Línea 35 a [M] no, no, a veure...jo dic, tenim...suposem que ara agafem una altre cosa
 a d'aquestes, per exemple jo que se...
 b Imagina que ara ho enganxo més..eeee

En el episodio 2 [Líneas 35 c- 56f]

En el segundo episodio no hay exposición. Se ha cambiado de género y ahora es un diálogo entre alumnas y docente, en el cual a base de cierto tipo de preguntas, la docente promueve determinadas ideas entorno al átomo de carbono y los enlaces que se pueden formar. El número de enlaces formados puede orientar al tipo de estado de agregación (sólido, líquido o un gas). La ruptura de enlaces y formación de especies de bajo número de átomos da la posibilidad de ser un líquido, o en este caso el aceite, que es uno de los agente en discusión. (L→R) [Línea 52a].

Línea 52 a [3] te enllaços per trencar-se, per tant

En el episodio 3 [Línea 56g-62b]

Según el número de enlaces y cadenas formadas, será el estado del material. Esta idea conlleva que los enlaces promuevan una aglomeración de átomos conformando una estructura. (L→R) [Línea 57]

Línea 57 a [3] els enllaços son els que fan una estructura... *(moviendo las manos)*

En el episodio 4 [Líneas 62c-68c]

En el cuarto episodio, se retoma la idea comenzada en el episodio 2 sobre la relación entre estructura, número de enlaces y estado del material. Aunque ya, a esta altura, la docente ve que estas diferencias no crean resonancias en las alumnas y opta por cambiar de material, en función al tamaño de la estructura al hablar de los gases.

En el episodio 5 [Líneas 69a-74b]

En el quinto episodio se vuelve a abordar la idea de sólido según la estructura, y conectar con el tipo de átomo las conforma.

En el episodio 6 [Líneas 74c- 76c]

Finalmente en el sexto episodio A3 conecta con el objeto agente de cambio que es el carbono: el carbono en la estructura grande, el carbono en los productos, (los aceites formados) y el carbono en los gases desprendidos. (R→L) [Línea 74-76]

- Línea 74 a [M] Bé, com que l'oxigen ha de alguna maneraa veure si estan d'acord
 b amb el que estic fent ara... si l'oxigen que hi ha a l'aire és això, O₂, si això
 c interacciona amb això, forma això.
 Línea 75 a [3]CO₂
 Línea 76 a [M] I Això seria una combustió

▪ Resumen de logros por episodios para Marta

A continuación presentamos los 'giros' encontrados en el rato:

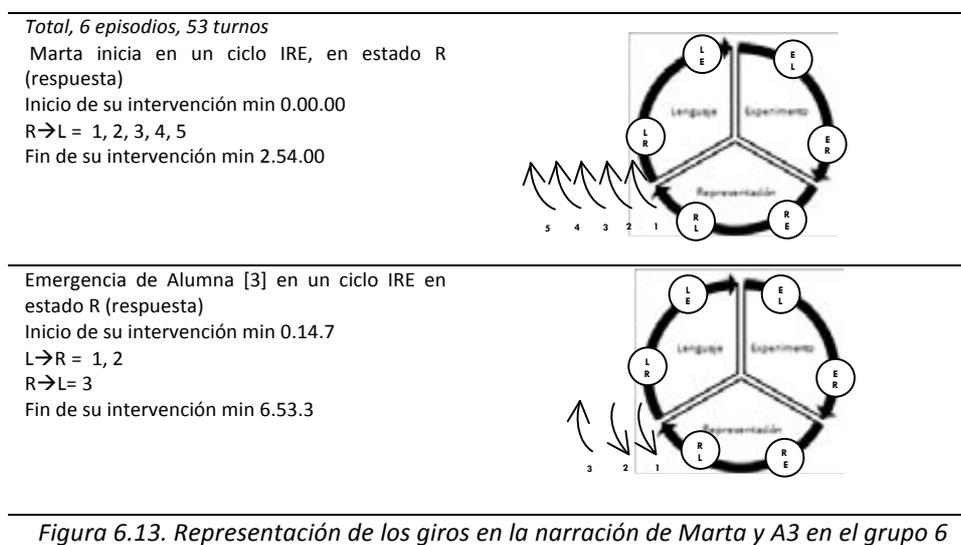
Episodios	Lenguaje	Representación	Lenguaje	Experimento	Representación	Experimento
	→ Representación	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Representación
1	∅	-Se nombran aquellas entidades que	∅	∅	∅	∅

		conforman la maqueta				
2	∅	-Se ofrecen palabras para dar sustento al modelo especular	∅	∅	∅	∅
3	∅	-Se ofrecen palabras para dar sustento al modelo especular	∅	∅	∅	∅
4	∅	∅	∅	∅	∅	∅
5	∅	∅	∅	∅	∅	∅
6	∅	Se nombran aquellas entidades que conforman la maqueta	∅	∅	∅	∅

Tabla 6.13. Resumen de logros por episodios de Marta

Tal como en registros anteriores, las historias se potencian dependiendo del material con que es elaborada la maqueta y las intervenciones de A1, A2, A3 y otros alumnos (no considerados en este estudio) que da 'juego', énfasis, sentido y orientación al relato y conexión con la carbonera.

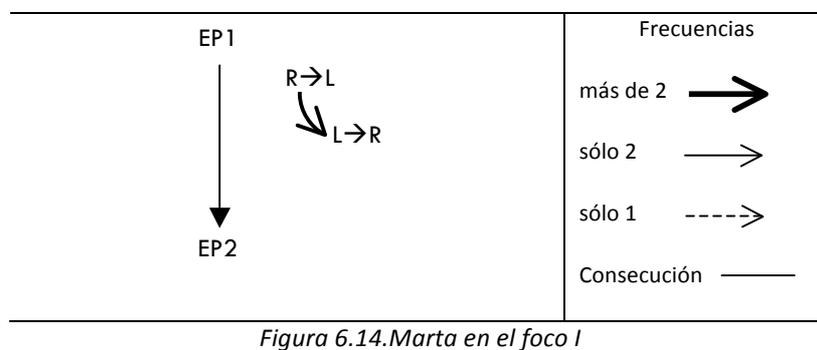
Presentamos a Marta y A3, cuyo relato fue moderadamente difícil de seguir, sobre la historia que deseaba narrar. Esperamos haber podido captar sus intentos y logros.



Se establecen los siguientes sucesos:

- Cada caso arroja una particular mirada a la exposición y narración de un acontecimiento. En este caso en particular, vemos como los patrones sistemáticos y turnos pueden ayudar a ordenar un enmarañado 'ires y venires' de los diálogos entre alumna-docente, alumna-alumna, alumna-maqueta, docente-maqueta. La interpretación de este discurso en el que convergen varios actores también posee sus propios grados de complejidad.

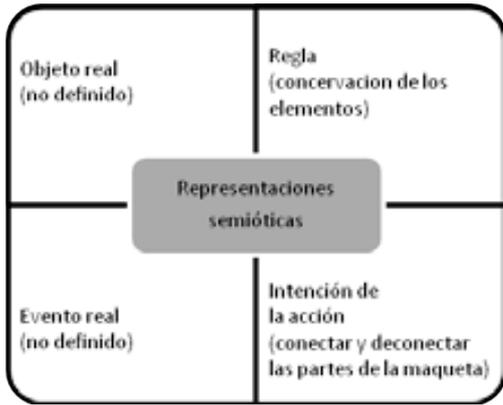
- b. Como en casos anteriores, damos cuenta de las transiciones que logramos distinguir por cada episodio, en este caso consideramos que la viñeta se segmenta en 2 partes. La primera, en la cual se parte del relato inicial desarrollado por A1, en EP1. Así en EP1, se nombran aquellas entidades que forman parte de la maqueta (M→L). Seguido en EP2, A3 proporciona palabras para su conexión entre la maqueta y el sentido que tienen estas entidades en la carbonización de la madera. (M→L). En EP3, A3 vuelve sobre las entidades y el juego que estas tienen en el conjunto general de la dinámica que se está representando (L→M). En los EP4 y EP5, no acabamos de ver ejemplos claros que nos dieran cuenta de logros entre modelo teórico, la carbonera y el discurso. Finalmente en EP6, A3 vuelve a proporcionar palabras a las entidades en juego.
- c. A partir de las transiciones, diagramamos el ‘camino’ que hacen A1 y A3 entorno aquellas cosas que se pueden obtener a partir de calentar la madera.



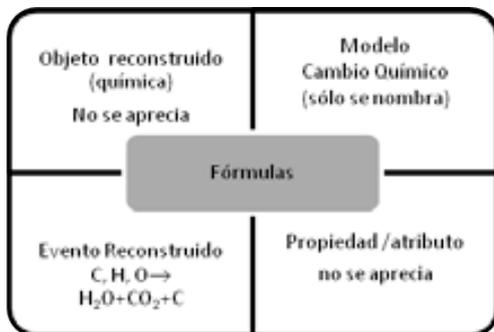
Así en:

1. En esta transición es cuando Marta desea darle un lenguaje o algo que ayude a caracterizar su modelo. Mayoritariamente sólo nombra entidades, reiteradas veces, pero no continua en su relato cómo se conectan este lenguaje con las experiencias y el modelo. No obstante su transición es de carácter *fuerte*.
- **Intervenir y controlar para poder modelizar: Conocer es transitar por los ‘dominios’ de la realidad. El mundo real y reconstruido por Marta en G6.**

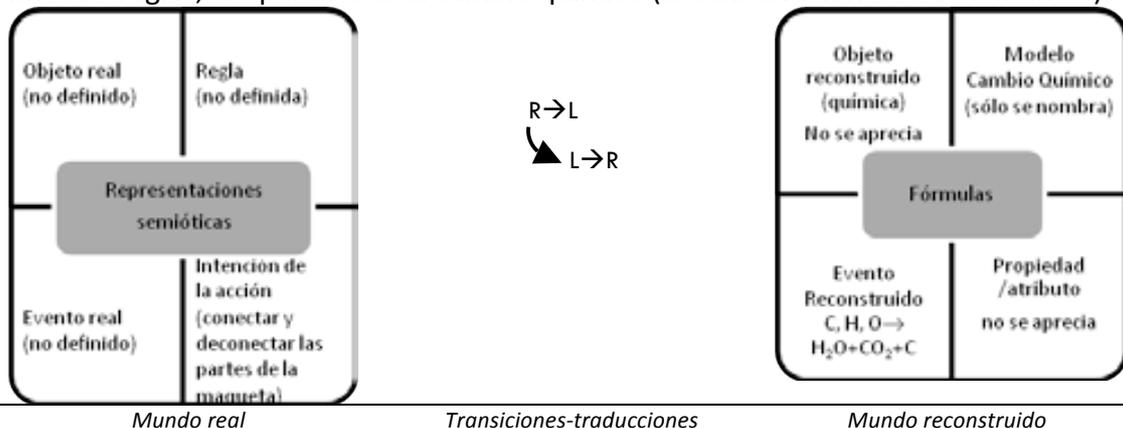
Existe un mundo narrado por Marta construido, negociado y consensuado en equipo por A2, A3, al cual accedemos a en la exposición de la maqueta. En el destacamos los objetos que son reales: madera.



El 'objeto' a dar a conocer por Marta es el cambio químico. Por otro lado se aprecia una ausencia parcial de los subdominios y el esfuerzo que ha de realizar la docente para que el modelo, la carbonera y el discurso entren en juego. Hay un objeto reconstruido, pero no es nombrado (es decir, celulosa). No hay un objeto químico inicial sobre el cual abordar. Sólo hay carbonos, hidrógenos y oxígenos que provienen de la maqueta y son 'nombrados' por Marta. Al igual que en el caso de Tomás el abordaje de los fenómenos con este tipo de maquetas les dificulta crear sus propias 'reglas' ya que éstas vienen dadas en la maqueta. Es decir, la representación del átomo de carbono es un esférico de color negro, que provee de cuatro opciones para conectar a otros esféricos. Este esférico negro, se confunde con el carbón (ex-madera) a nivel macro y el carbono (elemento) a nivel micro.



Para Marta a nivel de evento, ordenar las maquetas como una semi ecuación de oxidación, reconstruiría una parte del fenómeno, aunque esto mucho más complejo. A nivel de reglas, el operante es el cambio químico (la conservación de los elementos).



El paso del mundo real y reconstruido por la química para Marta queda en un primer nivel de concreción. De la representación al lenguaje no es suficiente sólo con nombrar las 'entidades' para tener un dominio de la realidad que se está construyendo. En el caso de Marta, es necesario seguir trabajando entorno a sus ideas tanto a nivel macro para luego pasar al micro.

▪ **Resumen Global de las 'transiciones' que se logran caracterizar en el foco I**

Foco I	Lenguaje → Representación	Representación → Lenguaje	Lenguaje → Experimento	Experimento → Lenguaje	Representación → Experimento	Experimento → Representación
<i>Exposición Maquetas</i>	Las estructuras que aporta el lenguaje es en términos de ofrecen palabras que ayudan a interpretar o en aquellas que los estudiantes creen que concreta.	Las igualdades a las que se les da un nombre principalmente son: carbono, oxígeno, dióxido de carbono	Los discursos se corresponden con procedimientos seguidos en el laboratorio.	Extractos donde al no tener la 'palabra' se emplean comodines.	Las relaciones previas establecidas tienen correspondencia con al encadenamiento o de sucesos, que da sustento a la explicación.	Se establecen analogías entre los componentes de la maqueta y los agentes involucrados en el cambio químico. Para los alumnos las 'semejanzas' tienen correspondencia entre la maqueta al fenómeno. No con otros fenómenos

Tabla 6.14. Síntesis de las transiciones caracterizadas en el foco I

▪ **Resumen global de las transiciones por alumnos**

Caso	Lorena en G1	Juan en G2	Tomás en G3	Paloma en G4	María en G5	Marta en G6
<i>Transición</i>						
<i>Representación de la transición</i>	R L E	R L E		R L E	R L E	
<i>Tipo de maqueta</i>	Maqueta plastilina	Maqueta anillos de papel.	Maqueta modelos 3D	Maqueta plastilina	Maqueta palillos esferas de porspan	Maqueta modelos 3D

Observaciones	En Lorena se cumplen las transiciones 1,2,5 y 6	En Juan se cumplen las transiciones 1,2,5 y 6	En Tomás se cumplen las transiciones 1,2 y 6	En Paloma se cumplen las transiciones 1 y 3	En María se cumplen las transiciones 1,2, 3, 5 y 6	En Marta se cumplen la transición 1
---------------	---	---	--	---	--	-------------------------------------

Tabla 6.15. Síntesis de las actuaciones de los casos en el foco maqueta.

6.3.3. Síntesis teórico-explicativa del foco (I)

Nuestros futuros maestros de Primaria nos presentan, a través de sus maquetas, una 'química representada'. Vemos que Lorena, Juan, Tomás y María comienzan sus exposiciones desde el experimento hacia la representación, dando cuenta de lo que han hecho en su maqueta y regresan al experimento, para proporcionar una reconstrucción química a través de los legajos que expresan.

No obstante, los inicios de Paloma y Marta corresponden a otras dimensiones. En ambos casos se encuentran tensiones (a las que llamamos 'aislación'). Creemos que en el caso de Paloma el origen de esta tensión es que su maqueta contenía componentes de diferentes escalas (un árbol y humos, pertenecientes al mundo macro, que se tratan de representar desde el micro). Cuando se le pide dar cuenta de estos componentes en una misma escala (p.e. micro), es cuando comienzan los conflictos. La configuración de la maqueta posee una estructura que ante las 'nuevas demandas' de la docente, no permite a Paloma expresar su pensamiento, compartir sus ideas, mediante un lenguaje adecuado. En el caso de Marta, las 'reglas de juego', que ya vienen incorporadas en la maqueta 3D que utiliza, genera tensiones sobre las cosas que puede o logra argumentar sobre el experimento desarrollado puesto que limita lo que ella probablemente hubiera querido decir.

6.4. FOCO (II): LAS NARRACIONES

Tras presentar la unidad y los eventos que componen las sesiones en la primera Unidad Temática, y rescatar las conexiones que establecen entre los fenómenos (foco I) y dar cuenta del tratamiento de las maquetas estudiando sus intervenciones (II), ahora pasamos a dar cuenta de la historia que han logrado elaborar los estudiantes para comunicar sus aprendizajes a otros miembros de la comunidad escolar (E4). Los participantes nos dan a conocer públicamente, a través de sus escritos, aquello que han experimentado y lo que les ayuda a interpretarlo.

Recordemos que la narrativa experimental es una *'estrategia'* dentro de las actividades de docencia que se desarrollan en el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales. Es considerada como una manera de reconstruir la experiencia para dotarlos de significado a los fenómenos a través del lenguaje. Más ejemplos de actividades exitosas se pueden encontrar en Ramos y Espinet (2008), Ramos y Merino (2008), Arellano, Jara, Ruz, Ramos, Espinet y Merino (2008)⁸, entre otros trabajos desarrollados por Espinet y Ramos en el marco de la plataforma CLIL. La decisión de utilizarla se apoya en el reconocimiento de que en los últimos años ha tenido un papel importante dentro de la educación en ciencias porque representa un medio para facilitar los procesos de modelización (Millar y Osborne, 1998)⁹; una estrategia que mejora la memoria e incrementa el interés en el aprendizaje y la comprensión de lo aprendido (Norris et al. 2005)¹⁰; y es un instrumento que permite reflejar la estructura fundamental de nuestra mente: hacer público lo privado (Eisner, 1994)¹¹. Asimismo se utiliza como una herramienta que permite combinar los pensamientos y las experiencias en dos sentidos: para hacer comprensible lo incomprensible y para hacer problemática lo que parece comprensible, considerando que ambas acciones contribuyen a conocer nuestro mundo y nuestra interacción con él (Ochs, 1997)¹².

En este apartado presentamos el análisis de las producciones escritas desde dos perspectivas: desde una perspectiva de *'narrativa'* (el proceso de análisis seguido es abordado en el apartado metodológico) y desde la perspectiva del Modelo Cambio Químico.

⁸ Ramos, L. y Espinet, M. (2008). Utilizar las narrativas en el trabajo experimental. En Merino, C., Gómez, A. y Adúriz-Bravo, A. *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Colección: Formación en Investigación para Profesores, volumen 1, 197-210.

Ramos, L. y Merino, C. (2008). An approach to chemical change and living being models through experimental narratives: the case of pre-service primary teachers' education. *9th European Conference on Research in Chemical Education. ECRICE.*, p.130-131. Istanbul, July.

Arellano, M., Jara, R., Ruz, M., Ramos, L., Espinet, M., Merino, C. (2008). Using schematic representations and experimental narratives in chemistry teacher education. *9th European Conference on Research in Chemical Education. ECRICE.*, p.135. Istanbul, July.

⁹ Millar, R. y Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. King's College London, School of Education: London.

¹⁰ Norris, S., Guilbert, S., Smith, M., Hakimelahi, S., Phillips, L. (2005). "A theoretical framework for narrative explanation in science". *Science Education*. 89, (4) 535-563.

¹¹ Eisner, E. (1994). Formas de representación, en *Cognición y currículum*, (pp. 65-92). Amorrortu: Buenos Aires.

¹² Ochs, E. (1997). "Narrative". In Van Dijk, T (ed.) *Discourse as structure and process*. (pp. 185-207) Sage, Ltd: London.

Esta actividad consistió en la elaboración de un texto en el cual dieran cuenta de sus experiencias, expectativas y dominio de los actos referidos a la intervención en los fenómenos que les permitan interpretar los diversos cambios en los cuales han intervenido.

De acuerdo con las orientaciones metodológicas establecidas inicialmente, presentamos un análisis general de las producciones a nivel e grupo-curso mediante el empleo de redes sistémicas; y a continuación revisamos los casos Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta.

Para la presente actividad la consigna fue solicitar a los estudiantes que escribieran una redacción libre (narrativa experimental), dando cuenta a un amigo, pariente o futuro alumno, de cómo pueden responder las preguntas: *¿Cómo puede ser que un material desaparezca y aparezca uno nuevo? ¿Cómo se controla un cambio químico?* y guiados por el esquema *¿Qué tengo?, ¿Qué hago? ¿Qué pasa? ¿Por qué pasa? ¿Hasta cuándo pasa?* que recuerda que deben tener en cuenta la intervención en el fenómeno.

Se optó por una redacción libre con la finalidad de identificar el mayor número de detalles que permitieran conocer las formas en que los estudiantes se enfrentan al conocimiento de la carbonera y de los fenómenos asociados revisados en la primera Unidad Temática del curso. Además es de esperar que en una narrativa libre sobre el estudio de la carbonera (a diferencia de otras modalidades utilizadas para reportar las prácticas de laboratorio más estructuradas), la persona refleje elementos dialécticos entre sus vivencias pasadas, su presente y su visión a futuro.

Se realizó un análisis estructural de las producciones de los estudiantes considerando los siguientes elementos: introducción, desarrollo y conclusión. Más tarde y en las producciones de los casos Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta, se estudió el empleo de las categorías del eje cognitivo (LER).

6.4.1. ¿Qué nos dicen las narrativas? Una aproximación a través de su análisis estructural.

Las producciones muestran una gran diversidad de formas de narrar la experiencia científica; como describe Ricoeur (1995)¹³, las narrativas representan una particular reconstrucción de la experiencia por la que, mediante un proceso reflexivo, se da significado a lo sucedido o vivido. Qué nos dicen en general las narrativas de los estudiantes bajo la consigna: *Explica-li a un amic, company o alumne de primària o secundària, com pot ser que un material desaparegui i n'aparegui un altre? i com controlar un canvi químic?* La caracterización de las narrativas se ha realizado a partir de sus elementos estructurales: a) introducción, b) desarrollo y c) conclusión.

a) Formas de introducir: cómo comienzan, la relación con el conocimiento.

El primer elemento estructural que se analizó fue la introducción, la cual permite identificar los distintos puntos de partida y las formas en que los estudiantes se

¹³ Ricoeur, P. (1995). *Tiempo y narración*. Siglo XXI: México.

enfrentan al hecho de conocer; mientras algunos sólo describen las indicaciones recibidas, o la fecha de realización, otros inician con el planteamiento de reflexiones sobre el fenómeno y acuden a sus experiencias pasadas como elementos previos de conocimiento.

Los títulos son bastantes diversos y sugerentes. Van desde la explicitación del cambio, la reacción o el fenómeno. En algunos casos el énfasis está en las características del producto (carbón) así como en las sucesivas transformaciones que sigue la madera hasta llegar a carbón. Respecto al cambio éste es sólo mencionado (etiqueta) ya que predomina el nivel macro. Sólo la mitad de ellos citan al destinatario y, si lo hacen, la mayoría se dirigen a un alumno de secundaria.

		Alumn. Ref.	
Títol	No título	12	
	- preguntes mòdul 1	11	
	- química	10	
	- explicació del processo de carbonització	1	
	- de la fusta al carbó	2	
	- reacció química	8	
	- explicació del canvi	4	
	- la carbonització, les carboneres i el canvi químic	5	
	- explicació del canvi químic a un alumne de sisè de primària	6	
	- explicació del canvi químic a un alumne de ESO	7	
	- fusta o carbó	3	
	el canvi químic	13	
Producte	- el carbó és un producte sòlid, fràgil i porós amb un alt contingut en carboni	7	
Reacció	- una reacció, de fet un canvi químic implica una situació inicial i una final	11	
	- en química quan es parla sobre la desaparició de un material i la obtenció de altres, es relaciona aquet fet amb una reacció química	1	
	- hi ha substàncies que reaccionen quan sé l'aplica alguna força química a la qual són susceptibles.	12	
	- forma de representar matemàticament el procés	8	
	- el resultat d'aquesta reacció es la desaparició dels reactius generant de nous	9	
	- es produeix una reacció química és perquè dues substàncies han reaccionat entre elles	6	
	- en una reacció no obtenim element nous, sinó substàncies noves	1	
	exemples	- Formació d'òxid de ferro a partir del contacte amb l'oxigen del aire	8
		- escalfar serradures de fusta	8, 2
		- si barregem àcid clorhídric amb ferro es produeix una reacció	11
Procés	- la fusta es descomposa, no es crema, ja que no esta en contacte amb aire	2	
	- el procés que es fa a les carboneres, per tal de fer carbó	3	
	- transformar la llenya en carbó mitjançant una combustió incompleta	5	
	- una o mes substàncies (reactius) es transformen	8	
	- les carboneres són les encarregades de transformar la fusta en carbó	4, 7	
	- substàncies al escalfar-se el que fan és nous enllaços	4	
	- pregunta: que té lloc durant tot aquest procés de formació del carbó?	7	
- el procés de carbonització consisteix en la desaparició de la fusta a altes temperatures per donar lloc al carbó	1		

Canvi	errors activat	per entendre el canvi primer cal saber que la fusta està formada per glucosa i carboni.	4
	- uns elements que en principi estaven col·locat d'una manera quan apliquen energia es separen i tornen a ajuntar de un altre manera		13
	- el fet de desaparèixer un material i obtenir d'altres s'anomena canvi químic		9
	- amb aquestes canvis podem jugar per a obtenir els productes que volem elaborar		6
	- a les carboneres es produeix un canvi químic		7
	- es produeix un canvi químic quan interaccionen dues o mes substàncies		2
Destinatari	- els materials es transformen en altres substàncies		10
	- tenim unes substàncies i després de una reacció unes altres diferents		11
	- batxillerat	8, 9	
	- secundària	7, 3, 11	
	- primària	6, 13	
	- companys, pares	1,14	
	- no destinatari	12, 10, 2, 7, 7, 5, 4	

Figura 6.15. Red que da cuenta sobre los eventos que introducen. Continuación.

b) Formas de desarrollar: cómo continúan

El desarrollo contiene la parte más extensa e incorpora mayoritariamente descripciones procedimentales, formas de enfrentar el fenómeno y conceptos que se activan. En este apartado se identifica un diálogo libre entre el estudiante y la actividad realizada; se describen los pasos que se sigue el construir una carbonera, el proceso seguido en el laboratorio para reproducir, estudiar e intervenir, en el fenómeno de carbonización y las reflexiones que hicieron durante el proceso

Tras revisar esta sección y buscar ideas en común entre los trabajos, encontramos que los énfasis están en las transformaciones que le ocurren a la madera resaltando hechos simbólicos (la reacción). Están desde aquellos que enfatizan en aquellas sustancias más cercanas a la percepción visual (CO_2 y vapor de agua), cómo aquellos que enfatizan en la formación de otras sustancias. Sólo tres estudiantes emplearon las preguntas autorreguladoras de en la reflexión y la acción para ordenar el desarrollo de las sucesivas etapas, ya sea para el montaje del experimento o dar cuenta sobre la interpretación del fenómeno. Respecto a la intervención, ésta se centra en el 'control' que ellos pueden hacer desde su 'agencialidad' en cuanto a: identificación de la sustancia y de la cantidad de sustancia de partida, la presencia de oxígeno, agentes externos (pH, catalizadores, carboneros). Los ejemplos que acompañan 'la historia' son el incendio como fenómeno comparativo u otros símiles en los cuales intervienen oxígeno y madera. El proceso descrito esté en el estudio del fenómeno a nivel externo (carbonera) o interno (laboratorio). Asimismo destacan los estadios por los cuales pasa la madera, deshidratación, desprendimiento de gases y carbonización. También la formación de nuevas sustancias y la función del oxígeno. El cambio químico se entiende como una modificación en el material asociada a un cambio energético, en la que se obtienen nuevas sustancias.

		Alumn. Ref.	
Reacció	- serradures de fusta + energia (calor) \rightarrow $\text{CO}_2 + \text{CH}_3\text{OH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{olis} + \text{àcid acètic} + \text{H}_2\text{O}$	8	
	- canvi químic = reordenació d'àtoms = reestructuració de enllaços	5	
	- matèria orgànica (fusta) + energia \rightarrow $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{altres gasos}$	5	
	- fusta (carboni, hidrogen, oxigen) + energia (foc) = $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{altres substàncies} + \text{carbó}$	3	
	- fusta + energia \rightarrow $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{carboni}$	13	
	- fusta + foc = $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{carboni}$	12	
Base d'orientació	- què tinc?	- instrument de laboratori	2
	- què faig?	- descriure el procediment	2
	- què passa?	- la fusta es llença és la que alimenta el foc i per tant, si esta en contacte amb l'oxigen es cremarà	6
		- la fusta a patit un procés de combustió...els elements que formen la fusta s'han agrupat de forma diferent a la inicial	3
		- deshidratació...despreniment de gasos, canvi de pH en el aigua	2
	- per què passa?	- els àtoms de carboni que contenia la fusta es mantenen encara que s'estructuren de diferent manera	2
Control	- per fer-ho es controla els àtoms de carboni que hi intervé	2	
	- això ho van poder comprovar amb uns indicadors de pH... mostra la variació del pH a través del canvi de color de la solució	8	
	- els catalitzadors permet aquest control	8, 9	
	- la funció del carboner es anar fent modificacions en l'estructura de la carbonera i vigilar la producció del material resultant	9	
	- un fet molt important és saber quan hem de tancar la carbonera...per que rebran escalfor	3	
	- per controlar un canvi químic hem de tenir en compte...quina substància interacciona	2	
	- aquest el controlem quan observem que la substància original a la qual li hem aplicat l'energia, experimentem els canvis esperats.	10	
	- podem controlar un canvi si controlem la quantitat existent de la substàncies que participen del canvi	11	
	- la diferència entre cremat el bosc i l'experiment realitzat és la presència d'oxigen	7	
	Exemples	- la principal diferència entre la carbonera que es un 'incendi' controlat i un incendi forestal es el control del oxigen que intervé en el procés.	4
- el procés que té lloc en la descomposició de la fusta es pot relacionar amb altres fenòmens de la vida quotidiana com per exemple el fet d'encendre una espelma o bé l'incendi de un bosc		7	
- trobem un símil amb la combustió del llumí: par de la fusta es crema a causa del contacte amb l'oxigen... i la part que no, es carbonitza		1	
- els homes van observar que els boscos es cremaven i que la part exterior dels arbres cremats es transformava en carbó		6	
Procés	descripció del procés	- centrat en la carbonera	13, 5, 9
		- centrat en laboratori	8, 3, 13
	- el procés o canvi és la reacció química	5	
	- el procés de carbonar comprendre fases...deshidratació, despreniment de gasos carbonització	5, 9	
	- els materials pels quals està format ja hi són a la fusta, però distribuït de forma diferent	6	
	- un cop acabat el procés s'obtingui carbó, una substància diferent a la inicial	7	
	- si el foc es trobés en molt contacte amb oxigen la crema serà més ràpida i no obtindríem carbó	2	
	- en aquest procés obtindríem aigua (H_2O) diòxid de carboni (CO_2), metà (CH_4), olis i quitrans	1	
	- si la fusta res molta energia (s'escalfa) sense presència d'oxigen, aquesta no es crema sinó es descompon	6	
	- al meu grup ens va tocar 'representar' el procés amb plastilina	10	

Canvi químic	un canvi químic implica una modificació en la matèria. Tenen associat canvis energètic	5
	- es produeix en la descomposició de la fusta... apareixen nous productes	7
	- a partir d'una substàncies obtenim noves	2
	- la fusta es troba a l'interior la que s'escalfarà durant dues setmanes i es transformarà en carbó	6
	- quan variem la substància original està canviat (ja sigui que trenqui fum, canviï de color, es faci gran, petita, olors) ja s'està produït el canvi químic	10
	els canvis químics es produeixen per que donant-se unes circumstàncies determinades dos o més elements tenen tendència a unir el seus enllaços entre ells que no pas amb d'altres elements	11

Figura 6.16. Red que da cuenta sobre los eventos que desarrollan

c) Formas de concluir: cómo finalizan, su relación con otros fenómenos

En la conclusión de los relatos identificamos aquellas partes donde aparecen reflexiones finales y de cierre del texto. Sus ideas giran en torno a:

Una idea reiterativa es la función de los carboneros en el proceso y su función como agentes de control en el proceso. En cuanto a la etapa intermedia entre reactivos y productos, la reacción se ve como la viñeta faltante en la historia que da cuenta sobre la conservación de la sustancia y la interacción en proporciones definidas, ya que es una idea que ha aparecido en toda la estructura de la narración. En cuanto a las ideas finales sobre el cambio, se hace la diferencia entre un estado inicial y otro final.

		Alumn. Ref.
Control	- el carboner és l'encarregat de realitzar els seus càlculs per indicar el temps i la temperatura necessària perquè tingui lloc el procés.	2
Reacció	cal que reflexionem sobre aquest tema, cal ser conscients de l'efecte que tenen les combustions i qualsevol altre reacció química sobre els materials	3
	- mai perdrem massa durant una reacció química, sinó que la tindrem 'invertida' en altres substàncies	6
	- a través d'aquesta reacció, podem observar con els productes són els mateixos elements dels reactius però ordenats de diferent manera.	10
	Fusta + foc = H ₂ O + CO ₂ + carboni	12
Procés	per fer carbó cal evitar que la fusta es cremi sinó que s'ha de descomposar	7
	- després d' un dies, el carboner decideix quin és el moment en el qual cal acabar...se apaga el foc, el conjunt de troncs es refreda i es comença a enretirar la terra que cobria la fusta.	8
	en el cas de la carbonera, els aspectes que el carboner ha d' observar per a poder acabar, el procés de la formació del carbó són el color i l'olor del fum que la carbonera desprèn.	1
Canvi	els canvis químics ajuden a la desaparició de materials i l'aparició de altres	9
	- veiem dons, que l'energia provoca una reordenació dels àtoms i una reestructuració dels enllaços, és a dir, provoca un canvi químic.	5
	- podem diferenciar entre cremar fusta en un incendi o escalfar la fusta tot produint una redistribució dels enllaços entre els diferents elements que intervenen	4
	el canvi químic es una modificació en la matèria	13

Figura 6.17.Red que da cuenta sobre los eventos que cierran.

Volviendo a nuestros maestros 'casos' y siguiendo la pauta inicial al igual que en el escenario anterior tendremos:

A continuació seguint les orientacions metodològiques presentamos los hechos vividos y narrados por cada uno de los casos observados.

a) EL CASO LORENA: EL CAMBIO QUÍMICO

Li	Texto/narración	Transición
	<p>Modulo 1: Es pot transformar la fusta en carbó?</p> <p>Activitat: Explicar el cambio químico a un estudiante de ESO</p>	
In		
1	EL CANVI QUÍMIC	
2	El canvi químic a simple vista sembla un fenomen molt complex ja que en principi tenim un	
3	material, però quan li apliquem una energia n'apareix un altre.	
4	Quan entrem a estudiar detalladament el canvi químic observem que el que passa és que uns	L→R, explicación
5	elements que en principi estaven col·locats d'una manera determinada en l'espai, quan li	
6	apliquem una energia externa el que fan aquests elements és separar-se i tornar-se a ajuntar	
7	d'una altra manera determinada en l'espai formant uns materials o uns altres.	
De		
8	Un exemple que ens mostra el canvi químic és el cas de la formació del carbó. El carbó s'obté	
9	de la fusta carbonitzada, és a dir, el procés que segueix la carbonera és el següent:	L→ E, procedimientos
10	- Primer es prepara una pila amb els troncs d'alzina ben arreglats amb espais	
11	entre ells perquè hi puguin circular els gasos.	
12	- Es cobreix la pila de terra deixant una xemeneia al mig.	
13	- El carboner hi cala foc i per la xemeneia comença a sortir fum.	
14	- Es cremen els troncs que reben aire, els altres només s'escalfen perquè no tenen	
15	prou aire per cremar-se.	
16	- Es deixa unes setmanes i el carboner controla que vagi sortint fum.	
17	- Quan el carboner decideix que cal acabar, tapa la xemeneia, deixa de sortir fum i	
18	s'apaga el foc.	
19	- L'emballum es refreda i es comença a enretirar la terra que cobria la fusta que s'ha	
20	convertit en carbó.	
21	- Es recull el carbó.	
22	Pensant en alumnes de primària, que són amb els que treballaràs, he observat com aquest	
23	experiment de la carbonera es pot fer però a nivell molt reduït. El procés és el següent:	L→ E, procedimientos
24	- Posar les serradures que volem carbonitzar en un tub de pírex amb tubuladura	
25	lateral.	
26	- Omplir un vas de precipitats amb aigua destil·lada.	
27	- Col·locar un extrem del tub de goma a la tubuladura lateral i l'altre extrem dins el	
28	vas de precipitats.	
29	- Agafar el tub de pírex amb les pinces de fusta.	
30	- Encendre el bunsen i col·locar el tub sobre les flames.	
31	- Anar movent el tub perquè totes les serradures acabin carbonitzant-se.	
32	- Un cop tenim totes les serradures convertides en carbó, retirem el tub de les	
33	flames i el deixem refredar.	
34	- Observem si tot s'ha convertit en carbó.	
Co		
35	I per últim, podem explicar aquest canvi químic de manera gràfica. Una de les maneres és a	
36	partir de la plastilina, formem boles de color negre que representen el carboni, boles de color	E→R, semejanza
37	blau que representen l'oxigen i boles de color verd que representin l'hidrogen. A més a més	
38	dibuixarem la reacció per tal que els alumnes ho puguin representar d'una manera més	
39	gràfica. L'esquema utilitzat és el següent i correspon a aquesta reacció:	
40	Fusta (carboni, oxigen i hidrogen) + Energia (foc) → Aigua (H ₂ O gas) + Diòxid de Carboni	
41	(CO ₂ gas) + Nitrats (CH gas) + Carbó	
42	Esquema:	
43	El canvi químic com podem observar és una modificació de la matèria. I a partir dels exemples	
44	exposats anteriorment és pot demostrar diferents maneres d'observar com la fusta es	
45	converteix en carbó..	

Fuente [portafolio. Pág. 10-11]

- **Operando con episodios. ¿Qué nos dice Lorena sobre el cambio químico en su narración?**

Episodio 1: cómo comienzan: las transiciones al comenzar [línea 1-7]

El cambio químico es en términos de Lorena un fenómeno complejo, que puede observarse en un principio: al aplicar energía a un material éste cambia. Qué cantidad, aún no se menciona. Pero a medida que continúa, el principio explica su representación, separando los elementos (refiriéndose a los átomos), un nuevo orden, y nuevamente juntarse de otra forma. No obstante se olvida de la energía. El modelo necesita un lenguaje para ser expresado, aunque no necesariamente este contenga todos los componentes [L→R].

Episodio 2: cómo continúan: las transiciones al continuar [línea 8- 34]

Aquellos ejemplos que proporcionan evidencias del cambio químico son esenciales para Lorena en el desarrollo de su narración. Lorena nos da cuenta del modelo trabajando a nivel de relación del lenguaje, dando a conocer los procedimientos que sigue el carbonero y los que se seguirían en el laboratorio [L→E].

Episodio 3: cómo terminan: las transiciones al finalizar [línea 35-46]

Hacia el final, Lorena establece semejanzas entre la reacción y la representación desarrollada en la maqueta. No parece extrañar la presencia de dos nuevas entidades. Nitratos y $\text{CH}_{(g)}$ ¿Qué quieren decir estas nuevas entidades? Nos sugiere un intento por responder la última pregunta realizada por la docente en el escenario II, sobre el qué habría de haber en la maqueta para que ésta explique el origen de las cenizas. La unión de estos dos escenario posiblemente es lo que Lorena nos desea mostrar [E→R].

- *Las transiciones detectadas en el texto de Lorena*

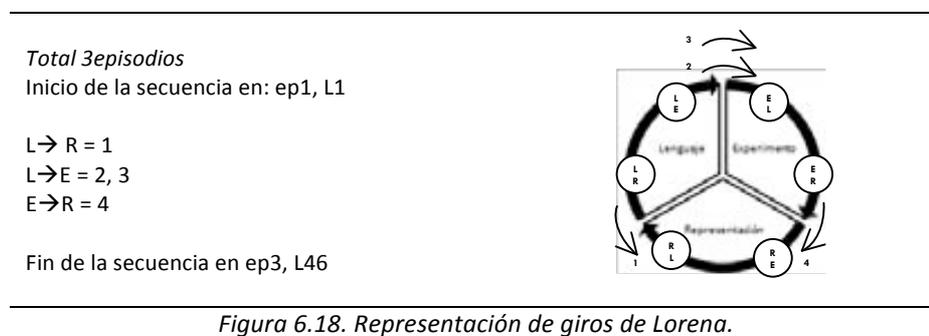
Las transiciones que logramos visualizar en el texto de Lorena quedan registradas en la siguiente tabla de resumen.

En la narración de Lorena, conviven 4 'transiciones'

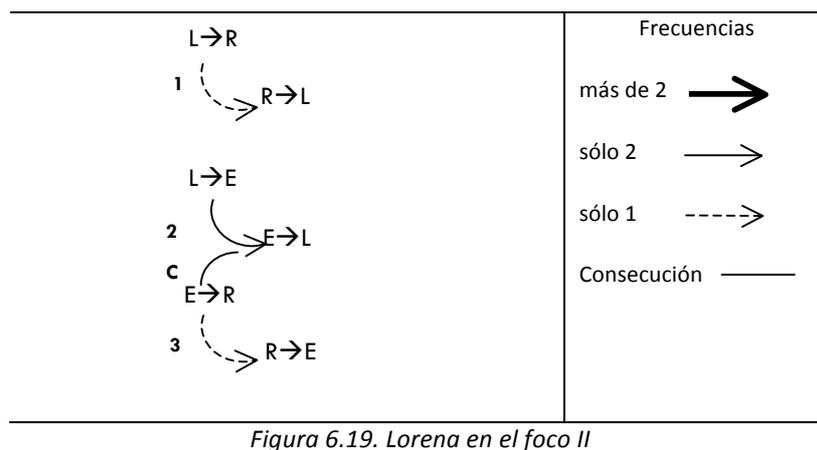
Episodios	Lenguaje	Representación	Lenguaje	Experimento	Representación	Experimento
	→ Representación	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Representación
1	Ofrece palabras para explicar el cambio químico en término de orden.	∅	∅	∅	∅	∅
2	∅	∅	Ofrece palabras que den cuenta del procedimiento seguido en el laboratorio y en la actividad del carbonero	∅	∅	∅
3	∅	∅	∅	∅	∅	Ofrece palabras para establecer semejanzas entre la ilustración que incluye en la narración y el fenómeno

Tabla 6.16. Resumen de logros por episodios de Lorena

El operar con los elementos estructurales de la narración (introducción, desarrollo y conclusión) en clave de episodios nos permite dar cuenta de cada giro en la narración. En la figura hemos intentado representar los giros de la historia que nos narra Lorena. Al igual que en el foco anterior, presentamos en la figura 6.a, una forma de aproximarnos y dar cuenta sobre qué está pasando entre las dimensiones del pensar (representaciones), hacer (experimentos) y el hablar (lenguaje).



La figura 6.18, nos da cuenta de las 'giros' que emergen tras la lectura de la narración de Lorena. Para Lorena su relato toma sustento en aquello que el Modelo Cambio Químico puede decir sobre formación del carbón y las entidades empleadas en el texto.



Reiterando que no es un proceso lineal, no cronológico ni consecutivo, con el ánimo de cristalizar una manera de mirar el itinerario que sigue Lorena en el Modelo Cambio Químico. Podemos decir:

1. Esta transición se explicaría desde la visualización de las letras (p.e CO_2), que es lo que aporta el lenguaje a la representación. No obstante la explicación de Lorena se basa en 'dar cuenta' el movimiento de la reacción. La connotación es de carácter débil.
2. En esta transición se establece la relación del lenguaje. Lorena recurre a los procedimientos necesarios para lograr un doble propósito: los pasos a seguir en el laboratorio y los seguidos en el caso de ser un carbonero y nos encontremos edificando una carbonera. La vinculación es de carácter medio.
3. Los fenómenos tendrán cosas en común. Para Lorena la semejanza el fenómeno de la combustión establece con la maqueta. La vinculación de carácter débil.

b) EL CASO JUAN: EXPLICANDO EL CAMBIO QUÍMICO A UN NIÑO DE 6º DE PRIMARIA

Li	Texto/narración	Transición
	Modulo 1: Es pot transformar la fusta en carbó? Activitat: Explicar el cambio químico a un estudiante de ESO	
In	EXPLICACIÓ DEL CANVI QUÍMIC A UN NOI DE SISÈ DE PRIMÀRIA	
1	Veus aquesta cola? Perquè creus que si la llenço sobre aquest clau oxidat l'òxid "desapareix"?	E→R, semejanza
2	Això s'anomena canvi químic.	
3	No és cert que l'òxid desapareixi, sinó que es transforma. Tot sovint veiem fenòmens semblants com a la cuina, a la natura, etc. Això es produeix perquè les substàncies es componen per àtoms. Aquests són tan petits que no els podem veure.	
4		
5		
6	Quan es produeix una reacció química és perquè dues substàncies han reaccionat entre elles, és a dir que s'han ajuntat, i a vegades es trenca aquesta reacció i "canvien" de "company"	L→R, explica
7		
8	Aquest company és una altra substància amb la qual s'atreu més. En aquest moment la substància que teníem canvia i es transforma en una altra.	
9		
10	Tot i així, i encara que sembli mentida, res desapareix. La totalitat dels elements que formaven aquestes substàncies es recombinen i en formen de nous. Amb aquests canvis podem jugar per a obtenir els productes que volem elaborar.	
11		
12		
Des		
13	Els homes van observar que els boscos es cremaven i que la part interior dels arbres cremats es transformava en carbó, un material amb un alt contingut energètic, és a dir, amb el qual podríem obtenir energia per a moure cotxes, trens, etc. És per això que es van crear les carboneres, una forma artificial de reproduir aquest fenomen.	E→R, analogia
14		
15		
16	Ara bé, perquè apareix carbó i no es crema tota la fusta?	
17		
18	Com sabem, un material que està en contacte amb l'oxigen es crema si hi apliquem una determinada energia, d'aquí la fusta cremada al bosc. D'altra banda, si la fusta rep molta energia (s'escalfa) sense presència d'oxigen, aquesta no es crema, sinó que es descompon és a dir, les substàncies que la formen es separen en diferents gasos, aigua i carbó.	R→E, relació previa
19		
20		
21	Però l'aigua i el carbó no es formen del no res, sinó que com hem explicat anteriorment, els materials pels quals està format ja hi són a la fusta, però distribuïts de forma diferent, en lignina i hemicel·lulosa.	
22		
23		
24		
25	És això el que passa a la carbonera. La fusta que es llença és la que alimenta el foc i per tant, sí que està en contacte amb l'oxigen. És aquesta la que es cremarà. En canvi, la fusta que es troba a l'interior és la que s'escalfarà durant dues setmanes i es transformarà en carbó.	
26		
27	Saps, aquest experiment el podem repetir a escala a un laboratori, col·locant serradures a un tub i, una vegada tapat, l'escalfem durant una estona. Observarem la formació de gasos i aigua i una vegada l'acabem de cremar, tindrem una mica de carbó dins el tub.	
28		
29		
30	I a veure si em pots dir com podríem saber que hi ha hagut un canvi, exceptuant les evidències físiques?	
31		
32		
33	Doncs d'una forma molt fàcil. Si hi ha una sèrie de gasos i aigua que es desprenen d'un material al qual no se li ha afegit res, sabem que els elements que es formen aquests es trobaven inicialment a la fusta. Per tant, deduïm que la fusta, ara convertida en carbó, ha perdut aigua i gasos i que per tant pesarà menys.	R→L, nombrar
34		
35		
36		
Co		
37	Com a conclusió i esperant que ho hagi entès, cal destacar la importància del concepte que la matèria no es destrueix, sinó que només es transforma, pel que mai perdrem massa durant una reacció química, sinó que la tindrem "invertida" en altres substàncies.	L→R, ofrerer
38		
39		

Fuente [portafolio. Pág. 6-7]

- Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos de Juan en su narración?**Episodio 1: cómo comienza: las transiciones al comenzar. [Línea 1-12]**

La historia de Juan comienza estableciendo semejanzas con otras situaciones que pueden interpretarse como un cambio. Conecta con otras experiencias (el clavo oxidado) para establecer cosas que hay en común entre los fenómenos (E→R). Tras presentar los ejemplos introductorios, da paso a la explicación del modelo en los términos de formación de nuevas sustancias según el nuevo orden establecido, diferente al inicial (L→R).

Episodio 2: cómo continúan: las transiciones al desarrollar [Línea 13-36]

Juan continúa su relato estableciendo una analogía entre la carbonera y un incendio. Esto le permite establecer la diferencia entre un fenómeno y el otro, la función del

oxígeno en ambos. Esta distinción le permite referirse a calentar o quemar, según sea el caso. (E→R). Seguidamente Juan retoma la idea de calentar y quemar para pasar al siguiente paso, descomponer y cambiar ahora al nivel micro. Ahora la atención se centra en la lignina y hemicelulosa. (R→E). Los acontecimientos que van teniendo lugar en la historia es necesarios nombrarlos y proporcionarles un diseño, en este caso la madera ya no es madera es carbón. (R→L).

Episodio 3: cómo terminan, las transiciones al finalizar [Línea 37-39]

Se ha de cerrar la historia y Juan espera, con su historia, haber dado cuenta de la transformación de la madera en carbón. Juan ofrece palabras para ayudar a comprender que es aquello que le ha ocurrido a la madera, que no se ha destruido sino se ha ‘invertido’ en otras nuevas sustancias. (L→R).

▪ *Registro y recuento de los logros de Juan en clave de ‘transición’*

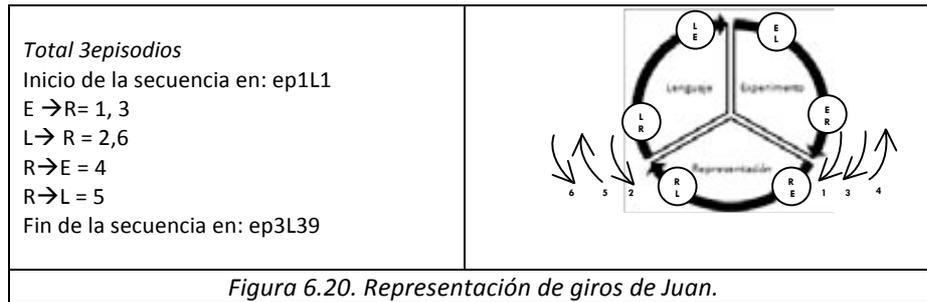
El operar con los elementos estructurales de la narración (introducción, desarrollo y conclusión) en forma de episodios nos permite dar cuenta de cada giro en la narración y aunar los criterios metodológicos. En la figura 6.a, hemos intentado representar de alguna manera los giros efectuados entre el modelo (Cambio Químico) que hay detrás del fenómeno, el lenguaje científico empleado para comunicar y la actividad realizada reconstruida por la narración (historia).

▪ *Las transiciones detectadas en narración de Juan*

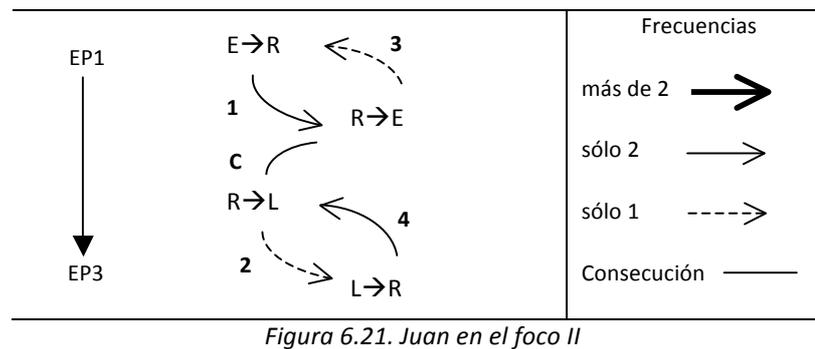
Episodios	Lenguaje → Representación	Representación → Lenguaje	Lenguaje → Experimento	Experimento → Lenguaje	Representación → Experimento	Experimento → Representación
1	∅	∅	∅	∅	∅	Ofrece palabras para establecer semejanzas
2	Ofrece palabras para explicar el modelo	Ofrece palabras para nombra los nuevos componentes	∅	∅	Ofrece palabras estableciendo una relación previa	Ofrece palabras estableciendo analogías
3	Ofrece palabras que ayuden a interpretar	∅	∅	∅	∅	∅

Tabla 6.17. Resumen de logros por episodios de Juan

Para representar la recursividad, es decir, los ida y regreso entre el mundo real y el transformado por la química, presentamos en la figura 6.3.6, un modo de representación, una forma de aproximarnos y dar cuenta sobre qué está pasando entre las dimensiones del pensar (representaciones), hacer (experimentos) y el hablar (lenguaje).



A partir de las transiciones, diagramamos el ‘camino’ que hace Juan entorno a la explicitación del cambio.

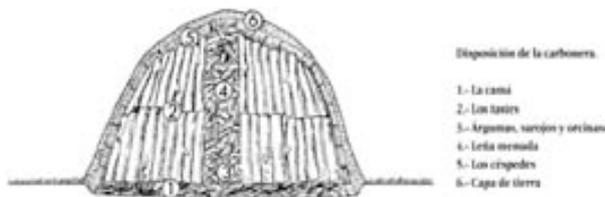


Así en:

5. En esta transición es cuando se han de mencionar semejanzas entre hechos del mundo, es decir, la carbonera y otras familias de fenómenos que tengan semejanzas. Juan establece semejanzas con un clavo, situaciones que ocurren en la cocina. Por otro lado establece una analogía de comparar un incendio con la carbonera como sistema con el cual se reproduce un fenómeno natural del cual obtener carbón. La transición del experimento a la representación es de carácter *media*.
6. En esta transición, es dar lenguaje a algo que lo ayude a caracterizar el modelo. Así, Juan proporciona nombre a las entidades que se modifican en el proceso $madera \rightarrow carbón$, la transición es de carácter *débil*.
7. Esta transición Juan intenta interpretar otro hecho del mundo. Ofrece nociones para de relaciones previas La regularidad que observamos en esta transición es de carácter *débil*.
8. En esta transición el modelo necesita un lenguaje. Juan ofrece nociones que ayuden a interpretar y aparte de darse el trabajo de explicar el modelo [Líneas 6-9] La regularidad en esta transición es de carácter *media*

C) EL CASO TOMÁS: EL CAMBIO QUÍMICO

Li	Texto/narración	Transición
	Modulo 1: Es pot transformar la fusta en carbó? Activitat: Explicar el cambio químico a un estudiante de ESO	
In	CANVIS QUÍMICS	
1	Com pot ser que desapareguin materials i n'apareguin altres, i com es controla un canvi	
2	químico , aquestes són les preguntes que amb el text, que a continuació llegireu, pretenc	
3	respondre.	
4	Fer desaparèixer un objecte amb la finalitat d'obtenir-ne un altre sembla un truc de màgia,	E→R, analogia
5	però no és així; amb unes bones bases de coneixement químic i, <i>sobretot</i> , experimentant amb	
6	la precaució necessària és possible complir l'afirmació anterior. Però clar, el tòpic que la	
7	química és molt complexa està molt estès i per tant, la gent no es preocupa en obtenir	
8	respostes. Doncs, aquest és l'objectiu d'aquest treball: explicar en què consisteixen aquests	
9	canvis a un nivell comprensible per a estudiants del segon cicle	
10	de secundària i batxillerat.	
11	El fet de desaparèixer un material i obtenir d'altres, s'anomena	L→R, explica
12	canvi químic en el món de la química. Aquests canvis	
13	consisteixen en una reacció d'uns components que	
14	interaccionen entre ells i amb el medi, o bé perquè ho hem	
15	propiciat nosaltres creant unes condicions que ho permeten, o	
16	bé perquè de manera natural s'han establert aquestes	
17	condicions.	
18	El resultat d'aquesta reacció és la desaparició dels reactius	
19	generant-ne de nous.	
20	Abans d'endinsar-nos una mica més, cal fer un petit aclariment: tota matèria està formada per	
21	àtoms que s'uneixen entre ells amb uns enllaços. Aquests poden ser molt resistents o fràgils	L→R, explica
22	depenent de les propietats corresponents.	
23	Ara sí, aprofundint una mica més, s'han establert suposicions confirmades que diuen que	
24	al produir-se una reacció química entre dos elements, els enllaços que conformen aquests es	
25	trenquen i part d'aquests desapareixen (es perd un dels reactius) quedant lliures aquests	
26	enllaços, i s'uneixen amb d'altres originant els nous materials (productes).	
Des		
27	Com que tot això és molt teòric, un parell d'exemples ens ajudarà a comprendre-ho millor.	
28	Utilitzaré un dels experiments que hem dut a terme al laboratori: escalfar fusta. A grans trets	E→L, experimento
29	aquesta activitat consistia en introduir serradures (fusta) en un tub d'assaig (amb una tub de	
30	goma que conduïa a un vas de precipitats ple d'aigua més indicador), escalfar-ho i observar els	
31	canvis. Principalment, vam apreciar que el serrill ràpidament esdevenia negre, apareixien	
32	líquids negres, groguencs, feia mala olor, del vas de precipitats sortia en alguna ocasió un fum	
33	blanc, bombolles, i el color de l'aigua es tornava d'un color vermell clar (símbol que s'havia	
34	tornat àcida), i el més important: aparició de carbó. Tot això són conseqüències d'un canvi	
35	químic, vist des de fora. Més endavant vam deduir que es van produir uns canvis interns: els	
36	enllaços de la fusta, que està composta per una estructura determinada de carboni, d'oxigen	
37	i d'hidrogen establint cadenes com la glucosa i la lignina, es van trencar i es van unir amb	
38	d'altres originant els canvis externs descrits abans, causat per l'escalfament.	
39	L'altre tema a comentar és com es controlen els canvis químics. Possiblement, els catalitzadors	
40	permeten aquest control. Són substàncies (compostos o elements) capaços d'accelerar o	
41	retardar una reacció química, seguint ell inalterat (no es consumeix durant la reacció). A	
42	aquest procés, se l'anomena catàlisis . L'única funció d'aquest és que s'obtingui un equilibri	
43	amb major o menor velocitat. Aquest seria un exemple de control de canvi químic, però un	
44	exemple més senzill d'explicar i més planer és el cas de les carboneres i el carboner. Però en	
45	primer terme	
46	explicarem en què	
47	consisteixen.	
48	Una carbonera és	
49	una estructura	
50	composta per	
51	diferents materials	
52	naturals, com la	
53	fusta, la terra, etc. Aquesta està "construïda" de tal manera que ha de permet el fenomen	
54	conegut com a carbonització que a continuació explicaré en què consisteix. La també	
55	anomenada piròlisi permet obtenir carbó vegetal a partir de fusta. Doncs bé, aquest procés	
56	consisteix en l'escalfament de materials orgànics en absència d'aire. Durant la carbonització	
57	de la fusta es produeixen una sèrie de canvis químics, comentats anteriorment amb l'exemple	
58	de les serradures però que ampliaré ara, i poden distingir-se en tres fases clarament	
59	diferenciades. En una primera etapa fins arribar als 170°C es produeix fonamentalment la	
60	deshidratació de la fusta i la destil·lació d'algun olis essencials, unit a tot això una petita	



61	degradació del material. Fins als 270°C hi ha un abundant despreniment de gasos (CO ₂ i CO	
62	principalment) i de líquids aquosos. En l'última etapa fins als 600°C, on es produeix la	
63	carbonització pròpiament dita, el despreniment de substàncies volàtils és màxima. Finalment,	
64	el residu resultant és el carbó vegetal.	
Des		
65	Un cop explicat aquest concepte, serà més senzill explicar	
66	el control dels canvis químics en aquesta situació per part	
67	del carboner. La funció d'aquest consisteix en anar fent	
68	modificacions en l'estructura de la carbonera i vigilant	
69	aquesta per tal de beneficiar la producció del material	
70	resultant i alhora controlant els canvis químics que es	
71	produeixen a l'interior. Un exemple clar, és quan l'home	
72	encarregat de dur a terme aquesta tasca obre forats en	
73	l'estructura per tal que agafi una mica d'aire necessari per	
74	a produir el fenomen, però sense arribar a crear-se una	
75	flama.	
76	Això es tot el que crec necessari per respondre les	
77	preguntes que hem plantejat al principi d'aquest treball. I	
78	les conclusions que podem extreure són que	
79	els canvis químics ajuden a la desaparició de materials i	
80	l'aparició de nous, i que sí que es poden controlar de	
81	manera més artificial com el cas dels catalitzadors, o més natural com el cas dels carboners.	
		E→R, semejanza
		Fuente [portafolio.Pág]

- Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos de Tomás en su narración?

Episodio 1: cómo comienza: las transiciones al comenzar. [Líneas 1-26]

El cambio químico no es un acto de magia, así nos lo hace saber al iniciar su narración Tomás. Se establece un paralelismo lúdico. Pero es una de las 'reglas del juego' del cambio, unas sustancias aparecen mientras otras desaparecen (E→R) (Líneas 4-7). Pero las reglas hay que explicitarlas en su contexto, así Tomás explica el modelo en términos de condiciones y la conservación de la materia en los átomos. (Líneas 12-17; 20-22) (L→R).

Episodio 2: cómo continúan: las transiciones al desarrollar [Líneas 27- 64]

Tomás regresa al experimento para reconstruir ahora con un lenguaje que le permita dar cuenta de que es lo que ha llevado a cabo. Da cuenta de las evidencias que indican que ahora hay nuevas cosas en el tubo de ensayo y que estas cosas forman parte de aquello que conforma a al carbono (E→L).

Episodio 3: cómo terminan: las transiciones al finalizar [65-81]

La historia que nos narra Tomás cierra dando razón de todas las cosas que son necesarias para responder a las preguntas con las que inicia el texto. Regresa a la idea sobre la diferenciación entre quemar y descomponer en la cantidad de aire que entra en el sistema. (E→R).

- *Registro y recuento de los logros de Tomás en clave de 'transición'*

En la Tabla 6.18, hemos intentado representar de alguna manera las formas en que se establecen aproximaciones entre el modelo (cambio químico) el fenómeno, y el lenguaje científico empleado para comunicar y la historia que viene a dar cuenta.

Las transiciones detectadas en narración de Tomás

Episodios	Lenguaje	Representación	Lenguaje	Experimento	Representación	Experimento
	→ Representación	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Representación
1	Ofrece palabras para explicar el modelo	∅	∅	∅	∅	Establece analogías para dar cuenta que cambia
2	∅	∅	∅	Regresa al experimento para dar cuenta de las palabras usadas	∅	∅
3	∅	∅	∅	∅	∅	Establece semejanzas sobre cosas que forman parte de las reglas del juego.

Tabla 6.18. Resumen de logros por episodios de Tomás

Para representar los ida y regreso entre el mundo real y el transformado por la química, presentamos en la figura 6.22, un modo de representación, una forma de aproximarnos y dar cuenta sobre qué está pasando entre las dimensiones del pensar (representaciones), hacer (experimentos) y el hablar (lenguaje).

Total 3episodios
 Inicio de la secuencia en: ep1L1
 E → R = 1, 5
 L → R = 2, 3
 E → L = 4
 Fin de la secuencia en: ep3L81

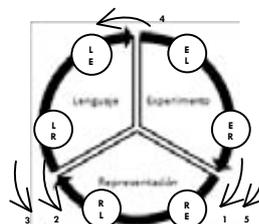


Figura 6.22. Representación de giros de Tomás

La figura 6.23, nos da cuenta de las reiteraciones que emergen del análisis de las narraciones. Para Tomás su relato toma sustento en todo aquello que el Modelo Cambio Químico puede decir sobre formación del carbón la carbonera y las entidades empleadas en el texto. A partir de las transiciones, diagramamos el ‘camino’ que hace Tomás entorno a la explicitación del cambio en su historia.

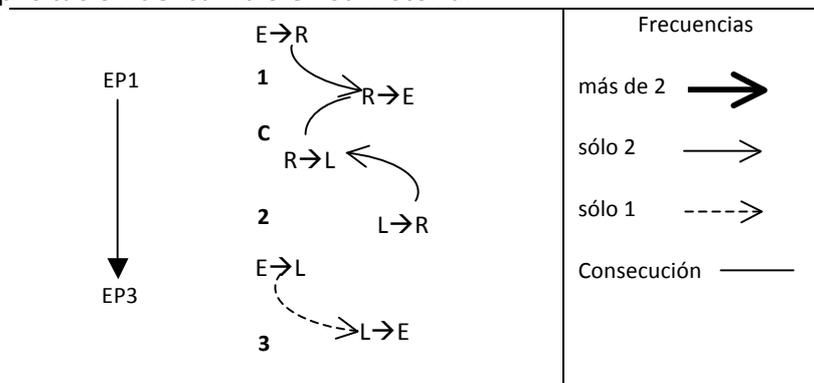


Figura 6.23. Tomás en el foco III

Así en:

1. En esta transición es dónde debería de presentarse las 'cosas' que tendrían en común los fenómenos y que a su vez forman parte del modelo. Mientras en el caso de Tomás al iniciar su historia se aprecian analogías para explicar el cambio y semejanzas entre la regla se puede controlar y la función del carbonero en la revisión de la cantidad de 'aire' que entra al sistema. Por la regularidad que logramos visualizar decimos que esta transición es de carácter *medio*.
2. En esta transición es cuando le 'damos' un lenguaje o algo que ayuda a caracterizar el modelo (formulas, palabras que enriquezcan, etc...). Mientras Tomás explica mencionando las partes del modelo en término de las condiciones que se ha de dar y de la conservación de la materia en los átomos. Por la regularidad que logramos visualizar decimos que esta transición es de carácter *medio*.
3. Cuando estamos en E→L regresamos al experimento para unificar el lenguaje empleado. En tanto, Tomás da cuenta de las etapas sucesivas y de los productos que se forman por cada una de ellas. Por la regularidad que logramos visualizar decimos que esta transición es de carácter *débil*.

d) EL CASO PALOMA, ¿SABÍAS QUE A PARTIR DE LA MADERA PUEDES OBTENER CARBÓN?

Li	Texto/narración	Noción
In	Aquesta carta va dirigida al meu pare que entén alguns conceptes químics com els àtoms,	
1	molècules, tub d'assaig, encenedor de Bunsen ...	
2	Saps que a partir de la fusta puc obtenir carbó? T'explicaré com es pot fer.	
De		
3	Agafem fusta esmicolada, és a dir serradures (perquè s'escalfin més ràpid que no pas un tros	
4	de fusta consistent) i procedim a escalfar-les, de manera que el foc no estigui en contacte	
5	directe amb les serradures, per tant el que podem fer es introduir aquestes en un pot de vidre	
6	tancat (en el laboratori fèiem servir tubs d'assaig tancats amb taps de suro i l'encenedor de	L→E, procedimientos
7	Bunsen).	
8	Un cop estiguin dins del pot o recipient de vidre tancat, agafem un encenedor o els fogons de	
9	la cuina i passem la flama de manera repartida, ja que si la deixem en un punt fix, només se'ns	
10	escalfaran aquelles serradures que estiguin en aquell punt que dona la flama. Escalfem fins	
11	que les serradures es tornen de color negre, això ens indica que ja tenim carbó!	
12	T'has adonat que el carbó pesa molt menys que la fusta?	
13	La fusta es una substància orgànica, això significa que esta formada per àtoms de carboni,	L→R, explica
14	hidrogen i oxigen que la componen, junt amb altres elements com per exemple el nitrogen, la	
15	cel·lulosa i la lignina. Quan escalfes la fusta podràs veure que d'ella es desprenen una sèrie de	
16	fums resultants de la descomposició d'aquesta. Aquests gasos que es desprenen	
17	majoritàriament són CO ₂ i H ₂ O i d'altres que tenen una composició amb àtoms de carboni,	
18	hidrogen i oxigeno Per tant la massa de la fusta inicial es major que la massa del carbó	R→L, nombrar
19	resultant, ja que durant la reacció, gràcies a l'escalfor de la flama, s'han després altres	
20	substàncies en forma gasosa, les quals tenen massa i ja no es troben presents dins del carbó	
21	resultant	
22	Exemple: Fusta (1g) l'escalfem i obtenim Carbó (0'7g) + Gasos (0'3g)	
23	El carbó que s'obté esta format per àtoms de carboni, per tant és una substància pura però	L→E, interpretar
24	que no conté el 100% d'àtoms de carboni presents en la fusta inicial, ja que, quan l'escalfem,	
25	els gasos despresos contenen àtoms de carboni (per exemple: CO ₂).	
26	Aquest procés químic es diu que és ENDOTERMIC perquè per tal de que la fusta passi a ser	
27	carbó necessita absorbir energia en forma de calor(proporcionada per la flama).	
28	Però, per què la flama del encenedor no està en contacte directe amb la fusta?	
29	Doncs perquè ja no estariem escalfant sinó cremant.	
30	La diferencia entre escalfar i cremar és que quan escalfem no hi ha presencia d'oxigen	

31	(enrecordat que abans t'he esmentat que el recipient de vidre estigués tancat) i quan cremem	L→R, explicar
32	si que hi ha presència d'oxigen.	
33	Sí que és cert que, dins del recipient tancat hi ha una mica d'aire, per tant una part d'oxigen i,	
34	però és tan petita la proporció de l'oxigen i hidrogen que acaben combinant-se amb pocs	
35	àtoms de carboni de la fusta, de manera que el producte resultant té molta més quantitat de	
36	carbó (és a dir molts més àtoms de carboni) que gasos despresos amb aquest element.	
37	Si cremem un tros de fusta en una xemeneia es despendrà molta més quantitat de gasos	
38	degut a que els àtoms de carboni de la fusta es combinen amb els àtoms d'oxigen presents en	
39	l'atmosfera, per tant el producte final d'aquesta reacció serà poc carbó molta més quantitat	L→R, explica
40	de gasos i cendra.	
Co		
41	Un exemple podria ser quan cremem fusta en la xemeneia (foc en contacte directe amb la	
42	fusta), es desprèn molt fum de color fosc, i la fusta s'ennegreix una mica però acaba	
43	convertint-se en cendra (s'ennegreix una mica vol dir que una part d'aquesta fusta es	L→R, enriquece.
44	converteix en carbó, però és degut a la pròpia escalfor que proporciona la mateixa flama el	
45	poc oxigen que aquesta petita part a rebut, per tant, cremant podem obtenir carbó, però, en	
46	molta menys quantitat que quan escalfem, ja que la majoria que s'obté és cendra)	
Fuente [portafolio. Pág. 3-4]		

- **Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos de Paloma en su narración?**

Episodio 1: cómo comienza, las transiciones al comenzar. [1-2]

No se distinguen ejemplos claros en su introducción sobre las nociones que estamos buscando. No obstante, plantea la cuestión de obtener carbón de la madera, y que pasará a narrar sobre cómo se logra esto.

Episodio 2: cómo continúan, las transiciones al desarrollar [3-40]

Para iniciar la historia, Paloma se centra en los acontecimientos que irán hilando el proceso así nos presenta los momentos (L→E). La investigación del cambio químico se inicia aislando un sistema. Así Paloma narra sobre los 'cambios' que están sucediendo en el sistema madera (L→R). Y estos cambios de la madera inicial y final pueden ser nombrados. Para Paloma la diferencia de los estados inicial y final radica en las diferencias de cantidad de sustancia (R→L). Por otro lado Paloma se apoya en los números para tener una noción que permita hablar de la regla de conservación (L→E). Ya que los estados iniciales y finales difieren, Paloma admite que hay interacción entre los componentes del sistema. Esta interacción tiene sus matices cuando se calienta o se quema (L→R), y en la formación de las nuevas sustancias es necesario dar cuenta la función del oxígeno y de su procedencia (L→R)

Episodio 3: cómo terminan, las transiciones al finalizar

Finalmente Paloma nos proporciona y explica un ejemplo del proceso llevado a cabo en un sistema abierto, la chimenea, y la diferencia de la obtención de cenizas en la chimenea y en la carbonera. (L→R).

Las transiciones detectadas en narración de Paloma

Presentamos a modo de resumen las ‘transiciones’ que agenciamos en el texto.

Episodios	Lenguaje → Representación	Representación → Lenguaje	Lenguaje → Experimento	Experimento → Lenguaje	Representación → Experimento	Experimento → Representación
1	∅	∅	∅	∅	∅	∅
2	Se ofrecen palabras para explicar la representación.	Se nombra cosas	Se ofrecen palabras que describiendo el procedimiento llevado a cabo.		∅	∅
3	Se ofrecen palabras pensando que esto enriquece, concreta la representación	∅	∅	∅	∅	∅

Tabla 6.19. Resumen de logros por episodios de Paloma

En la figura 6.24, hemos intentado representar de alguna manera los giros efectuados entre el modelo (cambio químico) que hay detrás del fenómeno, el lenguaje científico empleado para comunicar la actividad realizada e reconstruida por la historia de Paloma.

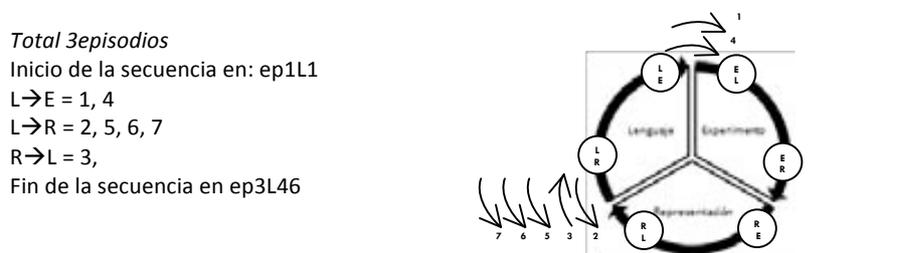


Figura 6.24. Representación de giros de Paloma

La figura 6.25, nos da cuenta del ‘camino’ que sigue Paloma en su narración

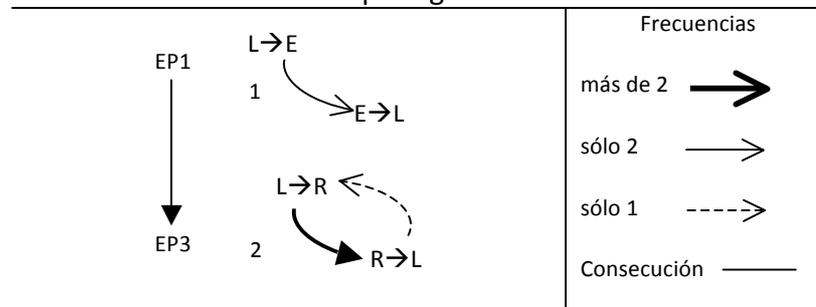


Figura 6.25. Paloma en el Foco II

Así en:

1. En esta ‘transición hay ‘cosas’ que vienen del lenguaje. Paloma describe los acontecimientos llevados a cabo en el transcurso de su historia. Para ella, en estos acontecimientos se

subscriben sus acciones y por tanto interpreta lo que se hace. Según las oportunidades que hemos podido agenciara esta secuencia, le asignamos un carácter medio.

- Paloma continuamente ofrece palabras para explicar la representación del proceso, pensando que esto enriquece u concreta, especialmente en la diferenciación entre quemar y el descomponer.

c) EL CASO MARÍA: EL CANVI QUÍMIC QUE ÉS PRODUUEIX QUAN ESCALFEM LA FUSTA

Li	Texto/narración	Noción
	Explica el canvi químic que és produueix quan escalfem la fusta i obtenim carbó.	
In		
1	Hola Jordi:	
2	Tal i com hem demanaves en el teu email intentaré ajudar-te en l'exercici de química. La	
3	pregunta és: com es transforma la fusta en carbó, oi? I fas quart d'ESO. Intentaré ser breu i	
4	explicar-ho perquè ho entenguis. A més fa pocs dies vaig fer una practica en la universitat, així	
5	que espero explicar-ho el millor possible.	
De		
6	La fusta esta formada per cel·lulosa i lignina i la seva composició química és bàsicament de	R→L, nombrar cosas
7	carboni, hidrogen i oxigeno És a dir, que esta format per àtoms de carboni, hidrogen i oxigen.	
8	Com pots veure t'he posat aquest quadre perquè vegis exactament quina és la composició de	
9	la fusta. És important tenir una idea per entendre què passa i què obtenim del resultat de	
10	carbonitzar la fusta.	
11	Per obtenir carbó de la fusta ho podríem fer en un laboratori (com vaig fer jo a classe de	L→E, nueva terminología
12	química) o en una carbonera com es feia antigament, per citar alguns exemples. El procés	
13	d'escalfament de materials orgànics sense l'aire es diu piròlisis o carbonització. Exactament la	
14	piròlisis s'usa per obtenir els gasos i els olis que es produeixen amb l'escalfament de la fusta; i	
15	la carbonització, per obtenir el producte sòlid resultant, és a dir, el carbó. Aquest fet és molt	
16	important, ja que si intervingués l'aire (que té oxigen) en la combustió de la fusta el que	
17	faríem seria cremar la fusta i el resultat final serien cendres i d'altres substàncies.	
18	Durant el procés de carbonització de la fusta es produeixen una sèrie de canvis químics	L→E, procedimientos
19	(perquè després d'escalfar la fusta el que tenim és un material nou, de color negre, que és	
20	carbó, i d'altres substàncies diferents). Hi podem distingir tres fases en aquest procés:	
21	• Fins als 170 graus es produeix la deshidratació de la fusta i la destil·lació d'alguns olis	
22	essencials.	
23	• Fins als 270 graus hi ha un gran desprendiment de gasos (CO ₂ i Ca) i de líquids aquosos.	
24	• I a partir deis 600 graus es produeix la piròlisis o carbonització, aquí el desprendiment de	
25	substàncies volàtils és màxim. El residu resultant és el carbó.	
26	No cal dir que tot aquest procés és endotèrmic, és a dir, necessita l'aport d'energia perquè es	
27	produeixi. El carbó resultant de la carbonització de la fusta, és sòlid i es queda al recipient i els	
28	altres productes que obtenim són gasos i es dispersen si no són "canalitzats" cap a un	
29	receptor. Jo, quan vaig fer la practica al laboratori, vaig canalitzar els gasos cap a un recipient i	
30	així vam poder estudiar si aquells gasos eren solubles en l'aigua, si eren àcids o basics, etc.	
31	Quan l'objectiu es aconseguir el carbó, la fusta s'ha d'escalfar a una baixa velocitat i a	
32	temperatures finals moderades. És a dir, controlant la velocitat d'escalfament i la temperatura	
33	final podrem intervenir en aquest canvi químic.	
34	Ja hem dit que durant la carbonització, a més a més del carbó, s'obté uns gasos i uns líquids	
35	com són: CO ₂ , aigua, metanol, àcid acètic, olis, ... Alguns d'aquests gasos poden condensar-se	
36	per obtenir una sèrie de productes químics, i els que no es condensen es poden utilitzar com a	

37	combustibles gasosos.	
38	Mira he trobat unes dades molt interessants per que et facis una idea de la quantitat de	
39	material que s'utilitza i del que s'obté: una tona de fusta seca tractada dona 300 kg de carbó	L→E, se interpreta
40	vegetal, 140 m ³ de gas combustible, 14 litres d'alcohol metílic, 53 litres d'àcid acètic, 8 litres	
41	d'èsters, 3 litres d'acetona, 76 litres d'o/i de fusta i de quitrà lleuger, 12 litres d'oli de creosota	
42	i 30 kg. de brea. Molts d'aquests productes es poden usar directament, però d'altres són	
43	matèries primes químiques per a la indústria. Com pots veure, la fusta inicial que teníem i	
44	després de sotmetre-la al procés de carbonització ha sofert uns canvis químics que ha fet que	
45	obtinguem totes aquestes noves substàncies. Segur que ara estàs posant mala cara perquè no	
46	ho entens. Tranquil, recorda que la fusta està formada bàsicament per cel·lulosa i lignina, i que	R→L, nombrar coses
47	la seva composició química és bàsicament de carboni, hidrogen i oxigen. I que aquests àtoms	
48	estàn enllaçats formant una determinada estructura, de la qual depenen les propietats de la	
49	fusta. Doncs bé, quan escalfem la fusta li estem donant energia i els enllaços es trenquen. Els	
50	elements en qüestió s'enllacen d'una manera diferent donant lloc a substàncies, una d'elles	
51	sòlida (el carbó) i les altres gasos (els fums que surten). El carbó és una substància simple ja	
52	que el carboni és un element de la taula periòdica. Alguns dels àtoms d'hidrogen s'uneixen	
53	amb els d'oxigen formant CO ₂ , o aigua(H ₂ O),etc. També es poden unir els tres elements i	
54	formar metanol (CH ₃ -OH), etc. També és interessant que ens fixem en les següents dades:	
55	d'una tona de fusta hem obtingut 300 kg de carbó i la resta de noves substàncies. És a dir, ara	
56	vull que ens fixem en les quantitats; si t'hi fixes, la quantitat de carbó que obtenim és molt	
57	més inferior que la de fusta inicial. Això es perquè la fusta, al descompondre's, una part de la	
58	matèria marxa en forma d'aquests fums (noves substàncies) i només quedarà el sòlid que és el	
59	carbó. Aquest carbó és una substància simple formada per la unió dels àtoms de carboni i no	L→R, explicar
60	pesa tant com la fusta inicial formada per cel·lulosa i lignina, que són molècules més	
61	complexes i que pesen més. A més fixat que d'un material com és la fusta hem obtingut	
62	moltes d'altres substàncies, per tant, si féssim un recompte de tots els àtoms que hem	
63	obtingut, segur que de la suma de tots ells obtindríem més o menys els àtoms que formen la	
64	fusta inicial (és un exemple una mica exagerat i barruer però és perquè et facis a la idea de	
65	que té la seva relació el que obtenim amb el que teníem, no s'ha perdut res pel camí, tot te la	
66	seva relació).	
67	Els elements es conserven en el canvi químic (la matèria no es destrueix), és a dir, la cel·lulosa	L→R, explica
68	estava formada per àtoms de carboni, d'hidrogen i d'oxigen, units de manera estable, el carbó	
69	esta format per àtoms de carboni units de manera estable, i el metanol esta format per àtoms	
70	de carboni, d'oxigen, i d'hidrogen units també de manera estable (per citar alguns exemples)	
71	Bé, Jordi espero que et serveixi d'ajuda en el teu treball de química. Jo tornaré a revisar els	
72	meus apunts i si cal et torno a escriure. Que vagi bé. Un petó de la teva tieta Maria.	
		Fuente [portafolio. pág. 22-25]

- Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos de María en su narración?

Episodio 1: cómo comienza: las transiciones al comenzar. [Líneas 1-5]

María comienza su historia creando una situación en la cual su sobrino ha de resolver una pregunta: cómo se transforma la madera en carbón, dando paso a su explicación.

Episodio 2: cómo continúan: las transiciones al desarrollar [Líneas 6-67]

María comienza su historia dando a conocer a su lector de qué 'está hecha de la madera' y por tanto nombra las 'cosas' que componen la madera (R→L), para dar paso al siguiente acontecimiento, la carbonización. La carbonización es un proceso que se puede realizar en el laboratorio que a nivel químico se conoce como 'pirólisis'. Al emplear esta palabra María ofrece un nuevo término para referirse al mismo experimento (E→L).

Línea 12 *El procés d'escalfament de materials orgànics sense l'aire es diu piròlisis*

Durante el proceso de transformación en la historia se da cuenta de las etapas del proceso de carbonización describiendo cada acontecimiento del proceso destacando *qué pasa* a medida que aumenta la temperatura. (L→E) Pero la referencia a estos momentos se ha interpretar desde las reglas de juego, así María recurre al uso de números (cantidad de madera) para dar cuenta de los sucesos finales (L→E). Además, en

la historia de María, cada vez que se considera pertinente se vuelven a nombrar las cosas que hay en juego en el sistema pensando que esto enriquece a la representación ($R \rightarrow L$), y con ello poder, más adelante, explicar la representación con todas sus entidades ($L \rightarrow R$)

Episodio 3: cómo terminan: las transiciones al finalizar [67-72]

AL finalizar su historia María recuerda las reglas de juego del cambio químico, la conservación de los elementos. Es decir en la madera hay carbono y este carbono 'C' se mantiene a posteriori en el carbón ($L \rightarrow R$).

▪ *Las transiciones detectadas en narración de María*

En la narración de María, conviven las siguientes 'transiciones'

Episodios	Lenguaje \rightarrow	Representación \rightarrow	Lenguaje \rightarrow	Experimento \rightarrow	Representación \rightarrow	Experimento \rightarrow
	Representación	Lenguaje	Experimento	Lenguaje	Experimento	Representación
1	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
2	\emptyset	Ofrece palabras nombrando las cosas que hay en el sistema	Emplea palabras para dar interpretar el mismo fenómeno	\emptyset	\emptyset	\emptyset
3	Ofrece palabras para explicar la representación	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset

Tabla 6.20. Resumen de logros por episodios de María

En la figura 6.26 hemos representado los giros efectuados entre la representación sobre cambio químico que hay detrás del fenómeno, el lenguaje científico empleado para comunicar las ideas de María.

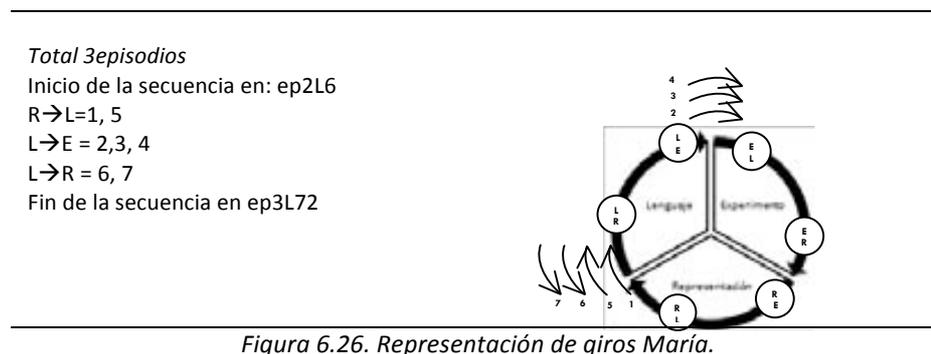
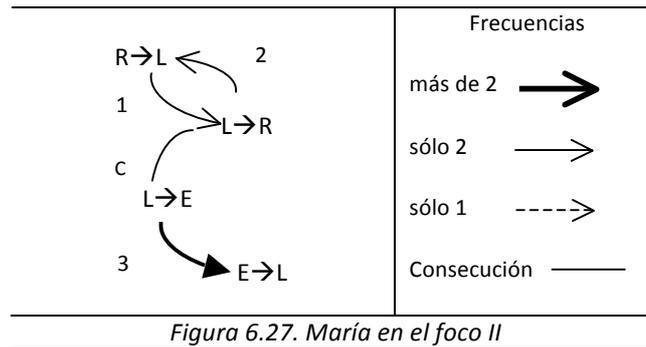


Figura 6.26. Representación de giros María.

La Figura 6.26, nos da cuenta de las zonas más recurrentes que emergen del análisis de la narración de María.



Así en:

1. En esta transición se ha de proporcionar el 'lenguaje' a la representación; ofrece palabras para explicar la representación. Por las veces que logramos registrarlo en su texto otorgamos un carácter *medio* a este tránsito.
2. Mientras que desde la representación al lenguaje se da 'un algo' que ayude a caracterizar la representación. María va nombrando las cosas que hay en el sistema (carbono, hidrógeno y oxígeno).
3. María, recurre a ofrecer palabras que describen el procedimiento seguido en la transición madera –carbón a medida que aumenta la temperatura en el sistema.

d) EL CASO MARTA: EXPLICACIÓ DEL CANVI EN LA FUSTA

Li	Texto/narración	Noción
De		L→E, procedimientos
1	Tenim serradures de fusta i foc. Hem escalfat les serradures de fusta i s'ha produït un canvi	
2	químic en la cel·lulosa. Quan es crema la fusta intervé l'oxigen i es descomposa la fusta, el	L→R, oferec
3	canvi químic reorganitza el que hi havia, i surten altres substancies.	
Des		
4	En el tub resten substancies com restes d'oli, quitrà, humitat...Observem que la massa	L→R, explica
5	disminueix (del sòlid). El carbó que resta és bastant pur (en àtoms de carboni) , però no és tot	
6	el carbó que hi havia a la cel·lulosa, ja que amb els gasos que es desprenen marxen també	
7	àtoms de carbó.	

Fuente [portafolio. Pág. 8]

- **Operando con episodios. ¿Qué nos dicen los segmentos de Marta en su narración?**

Episodio 1: cómo comienza, las transiciones al comenzar.

La narración de Marta es escueta y contiene aquellos acontecimientos que para ella son significativos para dar cuenta de la 'explicació del canvi en la fusta'.

Episodio 2: cómo continúan, las transiciones al desarrollar [1-3]

En segundo episodio Marta incorpora todos los acontecimientos que para ella son significativos de mencionar para dar a entender el cambio. Así da cuenta de los acontecimientos principales, qué tenemos y qué hacemos (procedimientos, L→E). Seguidamente da cuenta de qué pasa con oxígeno, ofreciendo palabras que pensando que esto enriquece su explicación L→R.

Episodio 3: cómo terminan, las transiciones al finalizar [4-7]

Finalmente María cierra su historia haciendo referencia a los productos del proceso, describiendo tanto a nivel micro como a nivel macro, es decir la tarea de explicar la representación. L→R

▪ *Las transiciones en el texto de Marta*

En la figura hemos intentado representar los giros efectuados entre el modelo (cambio químico) que hay detrás del fenómeno, el lenguaje científico empleado para comunicar y la actividad realizada, reconstruida por la narración.

▪ *Las transiciones detectadas en narración de Marta*

Episodios	Lenguaje	Representación	Lenguaje	Experimento	Representación	Experimento
	→ Representación	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Lenguaje	→ Experimento	→ Representación
2	Ofrece palabras pensando que esto ayuda a concretar la representación		Ofrece palabras para dar cuenta de acontecimientos			
3	Ofrece palabras pensando que esto puede enriquecer o concretar la representación	∅	∅	∅	∅	∅

Tabla 6.21. Resumen de logros por episodios de Marta

En el texto de Marta hemos buscado cómo transitan los componentes del Modelo Teórico. Para representar esta idea, ‘los ida y regreso’ entre el mundo real y el transformado por la química, presentamos en la figura X, una forma de aproximarnos y dar cuenta sobre qué está pasando entre las dimensiones del pensar (representación), hacer (experimentos) y el hablar (lenguaje).

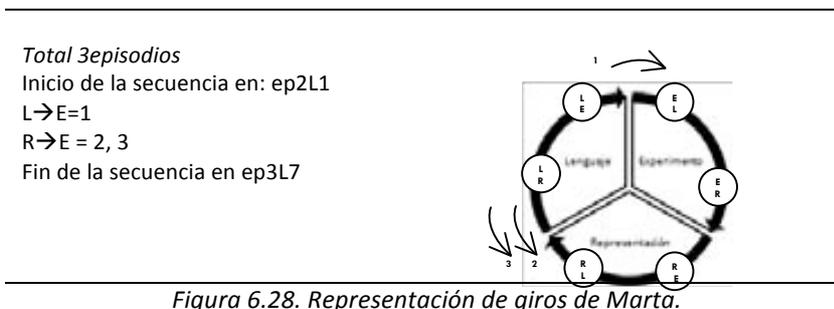


Figura 6.28. Representación de giros de Marta.

La figura 6.28, nos da cuenta de las zonas más recurrentes que emergen del análisis del escenario didáctico maqueta.

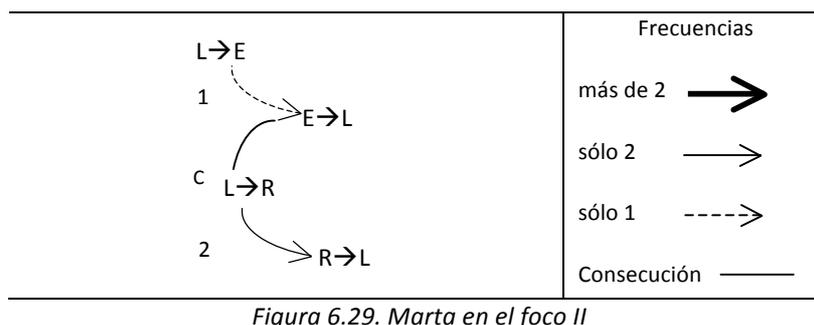


Figura 6.29. Marta en el foco II

Así:

1. Desde el lenguaje al experimento, se trabajan las relaciones del lenguaje. María nos proporciona sucintos procedimientos para dar cuenta de qué pasa a nivel de laboratorio al calentar una muestra de serrín. En este caso a la frecuencia encontrada se le concede un carácter *débil*.
2. Mientras desde la representación al lenguaje se proporciona un lenguaje que ayude a caracterizar la representación, en este caso, Marta tanto se da el trabajo de explicar como de proporcionar palabras que ayuden a concretar.

- Resumen Global de las 'transiciones' que se logran caracterizar en el foco II

Foco III	Lenguaje → Representación	Representación → Lenguaje	Lenguaje → Experimento	Experimento → Lenguaje	Representación → Experimento	Experimento → Representación
<i>Texto Narrativo</i>	Ofrece palabras para explicar el cambio químico en término de orden El discurso se emplea para explicar la representación El discurso de los estudiantes se centra en interpretar la representación	Ofrece palabras para nombra los nuevos componentes	Los discursos se corresponden con procedimientos seguidos en el laboratorio Se ofrecen números que ayudan a interpretar	Regresa al experimento para dar cuenta de las palabras usadas.	Ofrece palabras estableciendo una relación previa	Ofrece palabras para establecer semejanzas entre la ilustración que incluye en la narración y el fenómeno Para los alumnos las semejanzas tienen correspondencias con otros fenómenos de combustión Las analogías que se establecen son para dar cuenta de una reacción de combustión

Tabla 6.22. Resumen de las transiciones

No se contemplo el paso del mundo al mundo reconstruido porque esta sección estaba referida a la maqueta.

- Resumen global de las transiciones por alumnos

Caso	Lorena	Juan	Tomás	Paloma	María	Marta
Transición						
Representación de la transición						
Observaciones	En Lorena se cumplen las transiciones 1, 2 y 6	En Juan observamos que se emergen las transiciones 1, 2, 5 y 6	Mientras en Tomás aparece 1, 5 y 6	En Paloma se aprecia las transiciones 1, 2 y 3	En el caso de María nos encontramos con las transiciones 1, 2, y 3.	Finalmente en Marta, registramos las transiciones 1 y 3.
Interpretación	Logramos identificar en Lorena los aspectos que resalta en su historia. La secuencia de análisis nos lleva a interpretar que Lorena establece vías entre el lenguaje químico empleado para explicar el mundo (carbonera) y el experimento llevado a cabo para que el fenómeno nos 'narre' su historia. No obstante las otras transiciones o no son muy persistentes o no logramos acceder a ellas. (1,2,4,5 y 6)	En el caso de Juan la secuencia de análisis nos lleva a interpretar que para él es más atractivo hablar de otras cosas entre el lenguaje-representación y experimento-representación, más que dar a razón a la relación entre el lenguaje químico elaborado y la carbonera.	En el caso de Tomás se observa que hay relaciones entre las dimensiones establecidas. No obstante 1 y 6 paracen mucho claras que las restantes.	En el caso de Paloma su texto está cargado de aspectos en los que relaciona la representación el lenguaje y el experimento en ese orden. No obstante, no queda claro que pasa a nivel de representación y la experiencia desarrollada en el texto.	El caso de María a nivel de estructura es semejante al de Paloma. No obstante se diferencia a nivel de relación entre lenguaje – representación. Ambos textos son muy ricos, pero diferentes entre si.	El caso de Marta es bastante particular. Pese a ser bastante escueto lo que logra escribir, al menos, en síntesis, da a entender las relaciones que logra establecer entre lenguaje-representación, aunque entre lenguaje-experimento es poco clara.

Tabla 6.23. Síntesis de las transiciones de los casos seleccionados

6.4.2. Síntesis teórico-explicativa del foco (II)

Nuestros futuros maestros, a través de sus textos, nos muestran una 'química que está viva'; ya nos hemos referido a un foco (I) en el cual analizamos como se logra intervenir en el fenómeno y, debido a esto, ha dado lugar a 'historias' interesantes. Qué tenemos, qué hacemos, qué pasa, por qué pasa, hasta cuándo pasa...son preguntas que han ayudado a narrar y, así, a formar parte de una experiencia propia sin que deje de acontecer un hecho científico.

Las explicaciones 'narrativas' que son tan propias de las etapas de Infantil y Primaria (y que ahora proponemos introducir en toda la enseñanza científica) no son como las explicaciones de los libros o proyectos. Estas últimas sólo nos hablan de casos ideales, que vienen condicionados por los instrumentos y las acciones 'ideales' que se utilizan. Las narrativas se refieren a los fenómenos reales, siempre complejos; sólo algunos aspectos de ellos se pueden entender bien; por lo tanto, siempre se podrá volver a pensar, a intervenir en ellos con nuevas preguntas, con nuevos instrumentos. Nuestros maestros en formación tienen muchos años para relacionar mejor los conceptos, para argumentar mejor, para intervenir con más precisión. El error que se puede corregir y la incerteza que estimula, que no aparecen en los libros de texto, son parte de las 'historias vivas' y, por tanto, de la 'historia de la química' de cada uno.

Las historias, las narraciones ofrecen ocasiones de dialogar entre 'mundos posibles' (el real y el imaginado) y, al hacerlo, de poner a prueba las ideas, de buscar evidencias, de identificar entidades. Hemos visto como, por ejemplo, en la historia de María (por mencionar un caso), a partir de la complejidad de un 'hecho real' (la carbonera) se da lugar a una ficción, permitiendo introducir los conceptos importantes relacionados con el quemar y el descomponer la madera y con los cambios químicos sin pasar por alto todo aquello que se hace problemático.

Los alumnos han sido capaces de elaborar ahora sus propias historias con las cuales explicar el mundo a un amigo, alumno, a un padre. La característica que queremos destacar aquí es que estas narraciones pueden presentar al alumnado un conjunto de posibilidades propias del mundo de ficción al cual se les invita a entrar y, gracias a ellas, los niños y niñas (que estos maestros más adelante tendrán como alumnos) se apoderarán de los problemas y entrarán en la dinámica de la argumentación: Esperamos que el interés por el tema les haga buscar información y discutir y adquieran con ello competencias específicas de lectura y comunicación oral y escrita. Han comenzado a hacer 'Química paso a paso'; el esfuerzo ha valido la pena, porque para muchas personas la química es sólo cosa de fórmulas y de símbolos extraños y no una actividad al abasto de todos.

6.5. FOCO (III): EL PORTAFOLIO

Para comenzar esta sección nos preguntamos: *¿Qué fenómenos conectan los estudiantes en la primera unidad?* Procederemos inicialmente a describir a los participantes (casos) a modo de título nos serviremos de algunas de sus frases. Posteriormente indicaremos los componentes (segmentos de textos) extraídos desde diferentes secciones de sus portafolios. Posteriormente con la ayuda del software *CmapsTools*¹⁴ (sólo como recurso gráfico) recrearemos las conexiones que establecen entre los fenómenos.

a) EL CASO LORENA: 'EL CANVI QUÍMIC.'

Lorena es una estudiante de la carrera de Maestro de Educación Primaria, especialidad Educación Física de la Universidad Autónoma de Barcelona. Cursa segundo año de la carrera y tiene 21 años. No ha recibido clases de química desde el bachillerato.

Localización	Recurso	Descripción	Extractos-ejemplos
Portafolio. Páginas 7,8 y 9	- Apuntes.	Extractos y reflexiones escritas en el portafolio de Lorena	<i>No es veien flames perquè no cremaven sinó que escalfàvem la fusta ja que vam restringir la quantitat d'oxigen....</i>

A modo general para Lorena:

Fenómeno	Preguntas facilitadoras	Síntesis
Carbonera	<i>Qué tengo</i>	Instrumental de laboratorio
	<i>Qué hago</i>	Montaje de los instrumentos
	<i>Qué pasa</i>	Se describen los eventos que le ocurren a la madera.
	<i>Por qué pasa</i>	Se descompone la madera y se transforma

Se compara con:

Fenómeno	Porque
Con una vela	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Es crema perquè té molt oxigen.</i> - <i>Hi ha una part que desapareix en forma de gas. Mentre la cera esta a la flama es converteix en gas ja que es crema.</i> - <i>Quan es crema la cera desapareix i apareix CO2 i H2O en forma de gas.</i>
Un incendio en un bosque	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Quan hi ha un bosc carbonitzat és el que s'ha descompost</i> - <i>Quan hi ha hagut un incendi i torna a revifar és perquè hi ha llocs on s'acumulen els nitrats combustibles.</i> - <i>Després d'un incendi pot ser que plougui perquè de l'incendi s'ha format vapor d'aigua.</i>
Lana de hierro	<ul style="list-style-type: none"> - <i>El ferro oxidat és com el ferro cremat. El producte final és òxid de ferro.</i> - <i>El ferro oxidat pesa més que el ferro. Augmentarà la massa perquè hi ha un augment d'oxigen.</i> - <i>Quan crema sugereix que perd massa però és realment el contrari, augmenta la massa.</i>

¹⁴ Cmaps Tools es un software gratuito desarrollado por el Institute for Human and Machine Cognition IHMC. Para descargar visite <http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html>

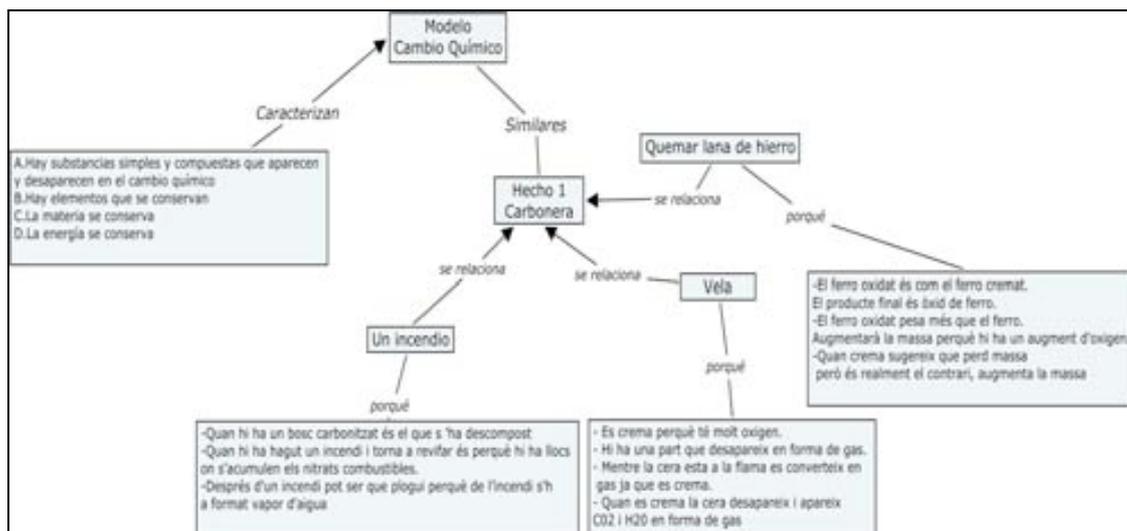


Figura 6.30. Las relaciones entre los fenómenos según Lorena.

En la figura 6.30, se los fenómenos estudiados son conectados por Lorena según las comparaciones que logra ella establece. Los tres fenómenos fueron revizados en clase. Se aprecia que Lorena relaciona los fenómenos a la carbonera, los tres pertenecientes a una misma familia.

b) EL CASO DE JUAN: 'LA QUÍMICA, UNA PARAULA QUE CAUSA HISTÈRIA ALS ALUMNES DE LA ESO'.

Juan es un maestro en formación de primaria de 19 años, estudiante de la Universidad Autónoma de Barcelona. Cursa primer año de carrera. Su 'última' clase de química fue en bachillerato. En el cuadro se presenta el origen de los datos extraídos para ejemplificar las relaciones entre los fenómenos.

Localización	Recurso	Descripción	Extractos-ejemplos
Portafolio. Páginas 9 y 10	- Apuntes.	Reflexiones escritas en el portafolio de Juan	<i>Aquest primer tema del curs, tracta sobre les transformacions que pateixen els materials quan els cremem[...]</i>

A modo general para Juan:

Fenómeno	Preguntas facilitadoras	Síntesis
Quemar lana de hierro	<i>Qué tengo</i>	Tenim Ferro filós gris i oxigen gas. Els instruments dels quals disposem són el Bunsen, un vas de porcellana i una vareta de vidre
	<i>Qué hago</i>	Crema el ferro mitjançant l'oxigen i l'energia del Bunsen
	<i>Qué pasa</i>	Després de molta estona de crema el ferro i que els fils d'aquest desapareguin, el volum es redueix considerablement i la massa augmenta.
	<i>Por qué pasa</i>	El Ferro augmenta la seva massa a causa que els àtoms d'oxigen que trobàvem a l'aire reaccionen amb els de ferro i, per tant, obtenim la massa de ferro més la

		massa d' oxigeno
--	--	------------------

Se compara con:

Fenómeno	Porque
Cualquier material que se queme	- Si extrapolem aquest cas a qualsevol material, vol dir que quan cremem un material l' estem oxidant
Un barco que se oxida	- La oxidació que passa a prop del mar és diferent a la d'un ambient sec, ja que a la primera hem de comptar amb la humitat de l' ambient. - Analitzem de nou la situació, però ara, el Ferro reaccionarà amb l'oxigen en un ambient humit $Fe + 1/2O_2 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2$ Per tant, en aquest cas, el ferro no s'oxida de la mateixa manera i es transforma en hidròxid de ferro si tenim humitat. Per aquesta raó, si creméssim el ferro d'un vaixell el producte no seria el mateix

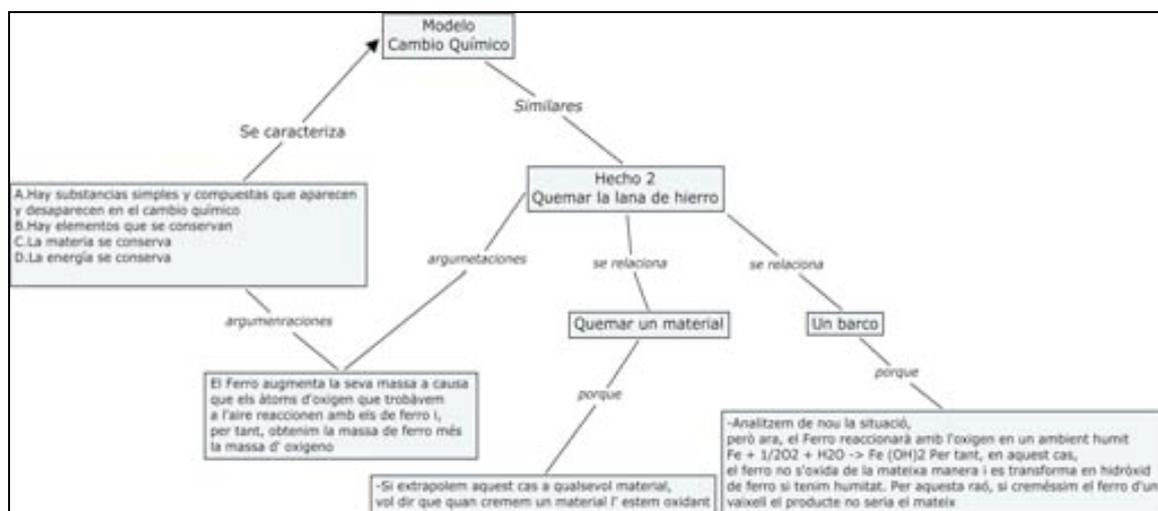


Figura 6.31. Las relaciones entre los fenómenos según Juan

En la figura 6.31, se observan los fenómenos que relaciona Juan con la lana de hierro. Destacamos esta relación ya que creemos que para Juan la quemar la madera y quemar la lana de hierro se interpretan de la misma manera. Asimismo sus argumentos son muy explícitos en torno a las reglas de cambio químico.

Los fenómenos de los cuales habla Juan fueron revizados en el curso, aunque el rescata y establece una similitud con la formación de óxido en un barco.

c) EL CASO DE TOMÁS: OXIDACIÓN DEL FERRO

Tomás es un maestro en formación de primaria. Tiene 19 años. Cursa primer año de carrera. Su 'última' clase de química fue en bachillerato. En el cuadro se presenta el origen de los datos extraídos para ejemplificar las relaciones entre los fenómenos.

Localización	Recurso	Descripción	Extractos-ejemplos
Portafolio. Páginas 5, 23	- Apuntes.	Reflexiones escritas en el portafolio de Tomás	<i>el fet d'augment de la massa, ja que no s'ha perdut ferro sinó que s'ha afegit oxigeno...</i>

A modo general para Tomás:

Fenómeno	Preguntas facilitadoras	Síntesis
Quemar lana de hierro	Qué tengo	Instrumental de laboratorio
	Qué hago	Montaje de los instrumentos
	Qué pasa	El color del· ferro va variant de color: en primer lloc, esdevé blavós i un gris més fosc; en segon moment, es torna negre
	Por qué pasa	La massa del fregall' de ferro ha augmentat de massa en comptes de disminuir, ja que s'ha creat matèria. Aquesta és l'òxid de ferro.

Se compara con:

Fenómeno	Porque
Vela	- Exemple del canvi químic en una vela. Aquesta conté carbó i ble. La cera es crema. Apaguem el toc i apareix un fum blanc, degut a que conté parafina Podem tornar a encendre-la a distancia ja que aquest gas és combustible. Obtenim, $CO_2 + H_2O$. Desapareix $O_2 + cera$
Azúcar con ácido sulfúrico (información externa, no realizado en clase)	- Al agregar ácido sulfúrico al azúcar tiene lugar una reacción de deshidratación del azúcar provocada por el ácido sulfúrico

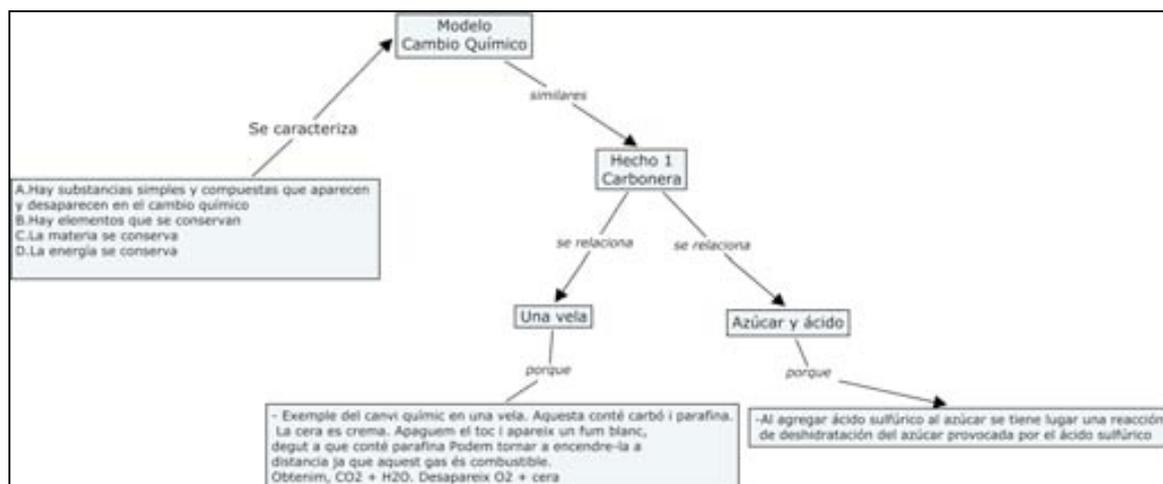


Figura 6.32. Las relaciones entre los fenómenos según Tomás

En la figura 6.32, se aprecia las relaciones sobre los fenómenos que establece Tomás. Para él tanto la combustión de la vela como la interacción entre el azúcar y el ácido guardan relación con la carbonera ya que en ambos fenómenos se obtienen productos 'similares', el agua.

d) EL CASO PALOMA: ESCALFAR I CREMAR

Paloma es estudiante Magisterio de Educación Primaria. Tiene 19 años. Su 'última' clase de química fue en bachillerato. En el cuadro se presenta el origen de los datos extraídos para ejemplificar las relaciones entre los fenómenos.

Localización	Recurso	Descripción	Extractos-ejemplos
Portafolio. Páginas 3, 4	- Apuntes.	Reflexiones escritas en el portafolio de Paloma	<i>La diferencia entre escalfar i cremar és que; quan escalfem no hi ha presencia d'oxigen(en recordat que abans t'he esmentat que el recipient de vidre estigués tancat) i quan cremem sí que hi ha presencia d'oxigen.</i>

A modo general para Paloma:

Fenómeno	Preguntas facilitadoras	Síntesis
Carbonera	<i>Qué hago</i>	Agafem fusta esmicolada, és a dir serradures (perquè s'escalfin més ràpid que no pas un tros de fusta consistent) i procedim a escalfar-les [...]
	<i>Qué pasa</i>	Quan escalfes la fusta podràs veure que d'ella es desprenen una sèrie de fums resultants de la descomposició d'aquesta. Aquest gasos que es desprenen majoritàriament són CO ₂ i H ₂ O i d'altres que tenen una composició amb àtoms de carboni, hidrogen i oxigeno

Se compara con:

Fenómeno	Porque
Quemar madera en una chimenea	- <i>Un exemple podria ser quan cremem fusta en la xemeneia (foc en contacte directe amb la fusta), es desprèn molt fum de color fosc, i la fusta s'ennegreix una mica però acaba convertint-se en cendra (s'ennegreix una mica vol dir que una part d'aquesta fusta es converteix en carbó.</i>
Carbón mineral (no visto en clase)	- <i>De mica en mica, i degut a la pressió terrestre ajudada en alguns casos pel calor volcànic (una capa sobre l'altre), aquestes torberes es van anar comprimint, i endurent, fins a la fi formar el carbó mineral que coneixem avui en dia.</i>

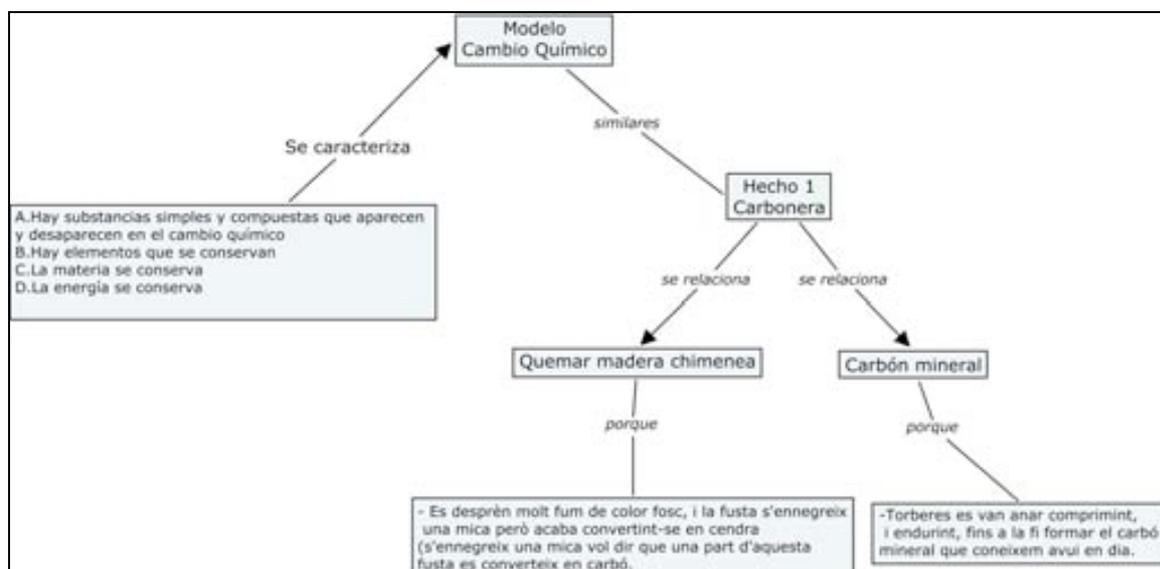


Figura 6.33. Las relaciones entre los fenómenos según Paloma

En la figura 6.33, Paloma establece relaciones entre fenómenos similares, más bien, otras formas de formación de carbón (carbón mineral y madera en chimenea). La relación se establece a partir de una de las pistas que para ella es significativa el ennegrecimiento de la sustancia

e) EL CASO MARÍA: LA FUSTA ES POT TRANSFORMAR EN CARBÓ? HI HA FERRO EN L'ÒXID DE FERRO? SUBSTANCIES, ELEMENTS, ÀTOMS, MOLÈCULES, MOLS.

María es una maestra en formación en infantil de 24 años, estudiante de la Universidad Autónoma de Barcelona. Cursa segundo año de carrera y también su 'última' clase de química que recibió fue en bachillerato. En el cuadro se presenta el origen de los datos extraídos para ejemplificar las relaciones entre los fenómenos.

Localización	Recurso	Descripción	Extractos-ejemplos
Portafolio. Páginas 22, 23, 24 y 29	- Apuntes.	Reflexiones escritas en el portafolio de María	Exactament la piròlisis s'usa per obtenir els gasos i els olis que es produeixen amb l'escalfament de la fusta...

A modo general para María:

Fenómeno	Preguntas facilitadoras	Síntesis
Carbonera	<i>Qué tengo</i>	Instrumental de laboratorio
	<i>Qué hago</i>	Montaje de los instrumentos
	<i>Qué pasa</i>	Se describen los eventos que le ocurren a la madera.
	<i>Por qué pasa</i>	Se descompone la madera y se transforma

Se compara con:

Fenómeno	Porque
Quemar lana de hierro	<i>S'oxida, per tant es transforma en òxid de ferro al interactuar amb l'oxigen i l'aigua.</i>

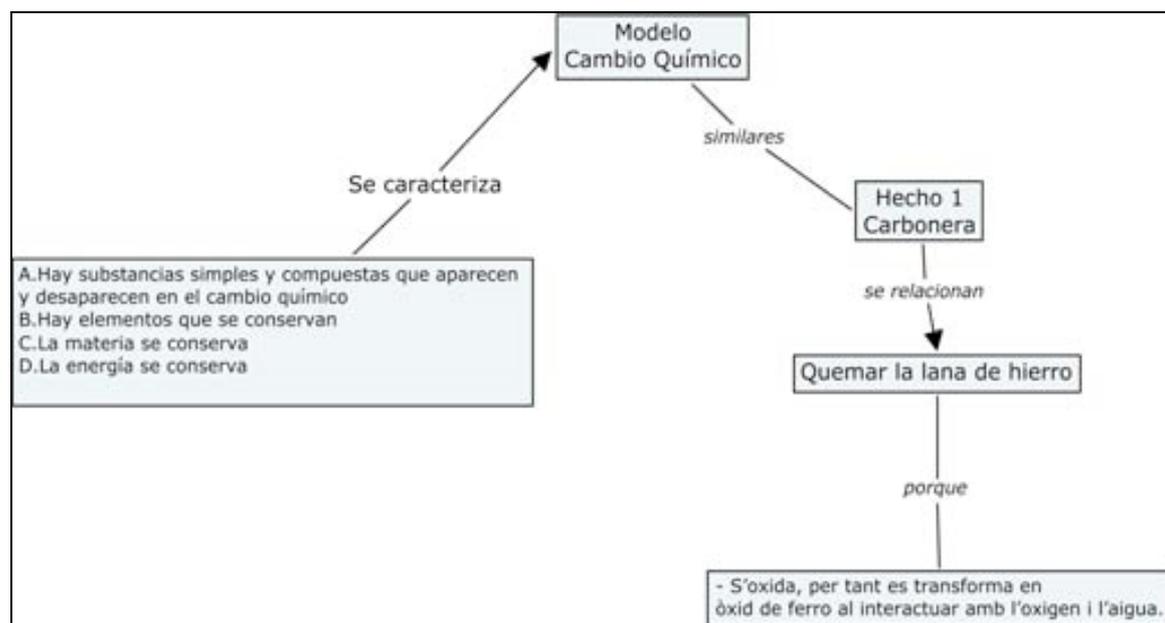


Figura 6.34. Las relaciones entre los fenómenos según María

En la figura 6.34, se observa la relación que logramos extraer del portafolio de María, en la revisión del primer tema. Carbonera y lana de hierro guardan relación para María porque algo se 'oxida'.

f) EL CASO MARTA: ELS CANVIS QUIMICS.

Marta es una maestra en formación en infantil de 20 años, estudiante de la Universidad Autónoma de Barcelona. Cursa primer año de carrera. Su 'última' clase de química la recibió en bachillerato. En el cuadro se presenta el origen de los datos extraídos para ejemplificar las relaciones entre los fenómenos..

Localización	Recurso	Descripción	Extractos-ejemplos
Portafolio. Páginas 8 y 9	- Apuntes.	Reflexiones escritas en el portafolio de Marta	El gas després es dissolen mirant si el líquid indicador canvia de color...

A modo general para María:

Fenómeno	Preguntas facilitadoras	Síntesis
Carbonera	<i>Qué tengo</i>	Serradures de fusta i foc
	<i>Qué hago</i>	Escalfar les serradures de fusta
	<i>Qué pasa</i>	S'ha produït un canvi en la cel·lulosa
	<i>Por qué pasa</i>	És una reacció endotèrmica, perquè necessita absorbir l'energia calorífica per dur a terme el canvi químic.

Se compara con:

Fenómeno	Porque
Quemar la lana de hierro	- Perquè la combustió, al igual que la oxidació necessita oxigen per dur a terme la reacció

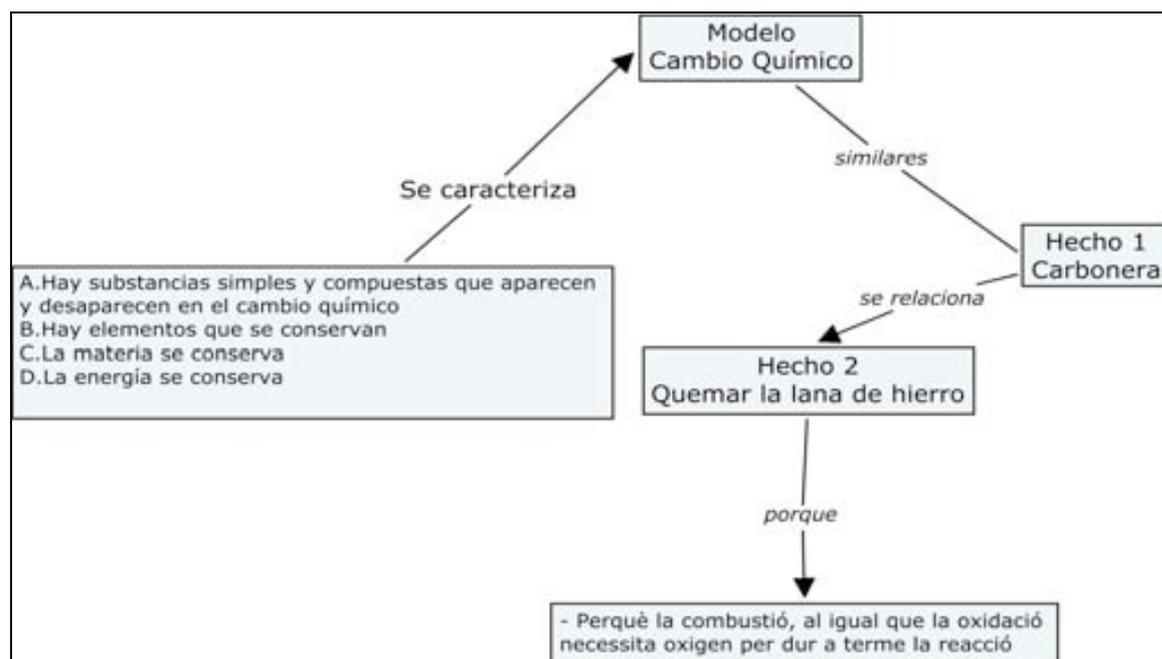


Figura 6.35. Las relaciones entre los fenómenos según Marta

En la figura 6.35, se muestra las relaciones que establece Marta. Para ella, la carbonera y quemar la lana de hierro, porque para que ocurra un cambio en cualquiera de los dos sistemas es necesario el oxígeno para que se produzca una diferencia entre los estados inicial y final.

6.5.1. Síntesis teórico-explicativa del foco (III)

Hemos identificado en este tercer foco algunas relaciones interesantes. Qué tenemos, qué hacemos, qué pasa, por qué pasa, hasta cuándo pasa... han ayudado a mostrar la actividad llevada a cabo por Lorena, Juan, Tomás, Paloma, María y Marta, que ha pasado a formar parte de una experiencia propia.

Sobre como conexión entre los fenómenos podemos decir que la mayor parte de los estudiantes logran abarcar con una misma mirada fenómenos que parecen diferentes como lo son la combustión de la madera y la oxidación del hierro, y diferenciarlo de la descomposición, que es posible en la madera y no en el hierro. Incluso algunos estudiantes logran incorporar ejemplos (fenómenos) que no se trataron en la sesión. Pero a pesar de ello vemos diferencias. La información contenida en los portafolios de Lorena, Juan y Tomás, (curso 2006-2007) son más evidentes estas relaciones entre los fenómenos que en los de Paloma, María y Marta (curso 2007-2008). Esto guarda relación con el tiempo y las oportunidades de discusión realizadas en cada curso

Por otro lado, el tratamiento de las actuaciones de los maestros nos muestra la dificultad que representa encontrar ejemplos claros que permitan dar cuenta de las conexiones entre el lenguaje, las representaciones y las experiencias. Cada estudiante ha logrado conectar con mayor o menor facilidad los fenómenos abordados en la primera unidad temática. No obstante la promoción de las preguntas 'qué tengo, qué hago, qué pasa y hasta cuándo pasa', les invita a representarse, anticiparse y planificar la(s) acciones a desarrollar según las etapas de trabajo establecidas. Abordar cada fenómeno mediante estas preguntas (tal como queda reflejado en sus portafolios) les ha invitado a escribir y narrar con cierto grado de 'agencialidad' sobre los fenómenos estudiados (carbonera, vela, lana de hierro, otros), contando con los instrumentos que utilizan, en especial la balanza. Nos parece especialmente importante el hecho que, en cada portafolio, se encuentran segmentos que hacen referencia al tratamiento de la cantidad de materia y de la cantidad de sustancia inicial y final en el sistema estudiado, sin que ello tenga nada que ver con el enfoque tradicional de la estequiometría, según el cual se hacen cálculos a partir de las fórmulas.

Creemos que 'hacer química paso a paso' (química básica) les ha iniciado en la química desde el tratamiento de los fenómenos como hemos ido viendo por los focos I, II y III. Éste era uno de los principales requisitos del proceso de modelización: modelar los fenómenos a partir de la manera de intervenir en los fenómenos y de pensar en ellos que es propia de la química.

7. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Como resultado de nuestra investigación consideramos que hemos alcanzado los objetivos propuestos y que podemos dar respuesta a las preguntas que nos planteábamos.

Para responder a la primera pregunta

¿Qué tipo de ‘escollos’ dificultan la interpretación de los fenómenos químicos mediante la teoría química?

- a. ¿Cómo se presentan los fenómenos químicos en los textos y proyectos de química?*
- b. ¿Cómo se interpretan espontáneamente los fenómenos químicos?*

Se han analizado textos para la enseñanza de la química (libros de texto y proyectos) y su contenido se ha relacionado con las ideas alternativas sobre el Cambio Químico, con lo cual se ha fundamentado la conveniencia de consolidar la nueva orientación de la enseñanza de la química que se ha ido proponiendo desde diferentes ámbitos.

Respecto a los capítulos sobre Cambio Químico en los libros de texto

- Se han analizado ocho libros de texto. Los textos se han analizado mediante una red sistémica que se ha adaptado a los paradigmas obtenidos como datos a partir de las lecciones que se refieren al cambio químico.
- Los fenómenos que se presentan en ellos se reparten entre reales, simbólicos y de laboratorio. Son muy numerosos y dispersos y corresponden a diferentes aspectos del cambio químico, tal como puede apreciarse en la red sistémica (figura 4.19) de la página 152.
- Los hechos simbólicos y de laboratorio se presentan ya interpretado desde la perspectiva de la química, mediante descripciones, definiciones o como ejemplos. Pero también los fenómenos que se presentan como hechos reales del mundo pasan a formar parte del texto mediante definiciones, con lo cual también se ‘ven’ desde la perspectiva de la disciplina.

- Sólo en uno de los libros, se puede identificar suficientes argumentaciones mediante las cuales los hechos reales pasan a ser un hecho químico. Por ejemplo:

*[...] El **coure i el ferro**, com la majoria dels **metalls**, **s'oxiden**, i si comprovéssim la **massa** de cada metall **abans i després d'oxidar-se**, observariem que ha **augmentat** per la **incorporació de l'oxigen** de l'aire en formar-se l'**òxid**. (L3, pág. 69).*

Se nos habla del cobre, el hierro y otros metales a la vez (se identifica una familia de sustancias, en este caso metales) y de su comportamiento común; se da nombre a un proceso, oxidar, que lo relaciona con otra sustancia, oxígeno; se destaca que esto se puede observar según una de las reglas de juego de la química que es la conservación de la masa (y se va a poder escribir una ecuación química del proceso y hacer los cálculos pertinentes). Identificamos aquí los tres elementos que nos parecen interesantes: vinculación entre sustancias que adquiere sentido desde la química, puesto que tiene que ver con un proceso de cambio químico en el que todos ellos intervienen; una pista en referencia a cómo se ve el cambio desde un punto de vista cuantitativo, que abre el camino para introducir entidades más abstractas (p.e. el átomo y la masa atómica); un lenguaje propio de la química pero con significado en el fenómeno, que aporta concreción teórica y práctica.

Respecto a los Proyectos de Química

- Se han analizado los capítulos sobre Cambio Químico en cinco Proyectos de Química, mediante las mismas redes sistémicas utilizadas en el análisis de los libros (figura 4.1, página 130).
- A diferencia de los que ocurría con los libros, se aprecian dos tipos enfoques, que van más allá del definir las entidades químicas y relacionarlas con ejemplos y descripciones que son propios de los libros de texto. Según uno de ellos, no en reciprocidad entre conceptos y aplicaciones y el otro en circunstancias sociales. En un caso CTS la yuxtaposición de conceptos y aplicaciones no hay una secuencia modelizadora. En el caso P4, tiene hechos reales pero que ya se encuentran interpretados a base de definiciones definidos en general. En los proyectos hay menos hechos pero con mayor voluntad e interés de aplicarlos a la vida. Pero vemos que dan mucho énfasis en las aplicaciones con lo cual se rompe la secuencia hacia el concepto o son excesivamente académico con lo cual se pierde una conexión con la vida cotidiana. La aparición de nuevos proyectos para la enseñanza de la química da cuenta de la necesidad que existe de enfocar la química en el aula de una manera más próxima a los intereses de las personas.

- A nivel de comparación entre los libros y proyectos, ambos trabajan desde dentro de la química, pero no enseñan a cómo se entra en la química, por ejemplo: *se dice que existen átomos y moléculas pero no dice como se 'ven' desde las reglas del juego de la química*. Por tanto los 'escollos' se ven desde dentro de la química. En cambio en los otros puede ser más cercano pero no deja de ser química académica.
- Se puede apreciar que los proyectos se abordan menos fenómenos y más afondo (figura 4.30, página 169). Hemos encontrado que en la enseñanza química, hay una hipertrofia de lo atómico, todo o es muy matemático o muy abstracto, como si se perdiera una enseñanza de la química más práctica y sobre todo vinculada a un proceso cotidiano.
- Si hubiese que destacar un proyecto, nos inclinamos por P1. Especialmente por la manera de presentar del fenómeno (como sistema) basándose en a argumentos que dan cuenta de las reglas de juego del cambio y de los cambios que le ocurren al sistema. Igual que el L3. Si comparamos con las narrativas que producen nuestros alumnos ha intentado ir por este camino, proporcionar un relato al cambio. Pero no cualquier relato, sino uno basado en las reglas del juego, y en aquello que ontológicamente (qué tengo), metodológicamente (qué hago) y epistemológicamente (qué pasa) permite pensar, hacer y hablar del cambios y compartirlo con sus pares a través de sus narraciones.
- En los libros, el cambio químico es 'transformado' según la manera de escribir en ciencias, llegando a ser una cuestión que se deriva de las propiedades de algunas entidades. Por tanto las explicaciones son mecánicas: *los átomos son los que chocan, las metáforas de reacción, de proceso...todo esto da una representación en la cual hay unas entidades que tienen unas propiedades tales que hace que pase, aquello que pasa*. Pero resulta que así es como están organizados todos los textos de ciencias. En el caso de química también, pero se pierde la especificidad del cambio químico, se reduce a cambios de orden en los esquemas átomo-moleculares. Por ejemplo en el caso de la biología, la vida se entiende que es un cambio especial. En el caso de química el cambio es explicado en términos de partículas que chocan que tienen propiedades y se convierten en cosas diferentes.
- Esta tesis ha sido el '*análisis*', la exploración de alternativas que intentan enfocar en esta línea. Al final nos hemos quedado en lo que estamos haciendo aquí, junto con propuestas parecidas como, Salter,.., que son diversos intentos de hacer una química cotidiana, aunque esto aun no está teniendo mucho impacto en la enseñanza real. Hay muchos intentos de hacer esto, pero en la escuela no se nota.

Por tanto lo que vemos es que en los libros de texto y en los proyectos es que los hechos ya se explican definidos, no se interpretan, hay un problema para identificar, qué tipo de cosas son hechos químicos. Los hechos en los libros y propuestas se 'ven' como ejemplos de la teoría pero *deberían de tratarse como problemas*. Como problemas que van a desarrollar el pensamiento químico.

Respecto a las 'ideas alternativas' de Cambio Químico (¿Cómo se interpretan espontáneamente los fenómenos químicos?)

Se pregunta a los niños desde una perspectiva académica y los estudiantes responden desde una perspectiva causal centrada en el 'qué cambia y cómo cambia'. Las respuestas 'alternativas' se hacen en términos de Existencia, Naturaleza, Potencia, Forma y Disposición. Esta 'actividad material' se expresa tal como es habitual en el lenguaje: mediante frases con un verbo (se hace algo), un sujeto (alguien lo hace) y predicado (condiciones que se dan para que se dé la acción). Lo que ocurre es que estos 'agentes' y 'acciones' emergen del sentido común y no que son las entidades estructurales de la materia tal como las propone la disciplina química.

Respecto a la relación entre las preguntas 'alternativas' y los textos, como fundamentación a las nuevas propuestas docentes centradas en el cambio químico.

La revisión sobre las ideas de los alumnos muestra que ante todo aquello fenomenológico, los alumnos se equivocan. Es decir, cualquier cosa fenomenológica no la saben interpretar. Como ya dijo Bachelard (1976) '*lo experimental realmente confunde*'. Esto es cierto y en nuestros alumnos logramos verlo. Realizar analogías por continuidad o por semejanza que es lo que hace equivocar. Hasta aquí en cuanto a las ideas de los alumnos.

Existen diferentes lógicas de las maneras de mirar un fenómeno químico por parte de los estudiantes que no se corresponde con las del libro de texto. Mientras los alumnos hablan de 'cómo' cambian las cosas en clave de existencia, naturaleza, potencia, forma y disposición, los libros 'habla' de tipos de reacción y de ejemplos de interacción. Los libros revisados hablan de reactivos y productos, pero no mencionan que el producto también es reactivo.

Viendo el tipo que fenómeno que aparece en los libros y las respuestas de los alumnos, aparecen los temas de nuestro programa:

- La combustión y la oxidación de los metales
- El agua y las interacciones entre disoluciones (ácidos y bases)
- De la voluntad de dar contexto en nuestro programa los contenidos correspondientes estarían los temas 5, 6, y 7 la química de biológica y cocina, los

ciclos y los procesos industriales, por parte del tratamiento de los libros y proyectos.

En relación a la segunda pregunta

¿Qué sucede cuando profesores en formación en primaria e infantil reciben una formación en química que parte del estudio de los fenómenos químicos según un proceso 'modelizador'?

- c. ¿Cómo se desarrolla el proceso de formación de estos futuros profesores mediante el estudio de fenómenos en un caso particular de enseñanza de la química?*
- d. ¿Cómo caracterizar el Modelo Cambio Químico de estos docentes en sus representaciones?*

Se ha puesto a prueba una nueva programación de química que ha sido fundamentada desde un punto de vista epistemológico y cognitiva y que ha permitido identificar algunos componentes que pueden ser relevantes en el proceso de modelización así como caracterizar mejor nuestra propuesta de vertebrar la enseñanza de la química mediante un 'Modelo Teórico de Cambio Químico'.

Respecto al programa y la actividad docente

- La programación intentaba: la conexión con las ideas previas, la identificación de los fenómenos que tradicionalmente se han considerado importantes en química y que forman parte de un grupo que puede modelizarse de manera similar. Con ello, avanzamos en la identificación de los 'campos estructurantes' en el proceso de modelización.
- Nuestras clases se han articulado alrededor de fenómenos cotidianos que permitan 'la intervención experimental' de los alumnos y que admitan la reflexión conceptual que nos interesa desarrollar, con la finalidad de facilitar el tránsito de lo concreto a lo abstracto (de hacer funcionar una 'máquina nomológica' en palabras de Sensevy et al, 2008). Todo ello ha de permitir a los alumnos reconocer el *Cambio Químico* en un 'mundo real que se contempla con criterios químicos.
- Con ello, hemos identificado aspectos a tener en cuenta en la selección de los hechos: han de ser asequibles a los alumnos, han de ser de interés y han de tener plantear problemas que se han de superar para que puedan ser interpretados. El problema de la transformación de la madera en carbón tiene estas características y ha pasado a ser, en nuestro programa, un Hecho Ejemplar o Paradigmático de la Teoría Química. Es necesario poder actuar sobre el fenómeno para que haya 'agencia' de la persona, para que de ésta manera la disciplina y la cognición puedan estar en sintonía.

- Esta '*nueva*' manera de mirar que hemos querido introducir está estrechamente vinculada a una '*nueva* manera de intervenir'; por tanto, la acción química forma parte de la teoría química que enseñamos. Nos parece que estas consideraciones caracterizan al '*eje epistemológico*' de nuestra propuesta, ya que se refieren a lo que da sentido científico a las intervenciones, lenguajes y representaciones de los alumnos que constituyen, en conjunto, la dimensión cognitiva que se pone en juego en el proceso de enseñanza - aprendizaje.

En cuanto al proceso de Modelización

- Se han reelaborado los aspectos didácticos de la unidad docente para facilitar su análisis como un proceso de modelización. Nos referimos en especial a la '*ambientación*' inicial, en la cual presentamos la carbonera como un hecho del mundo, que luego conceptualizamos en el laboratorio a través del trabajo experimental (la madera se transforma en un serrín que calentamos en un tubo de ensayo) introduciendo así las nociones de sustancia, elemento y átomo-masa, y la magnitud '*cantidad de sustancia*'.
- En el Foco I se analiza el video con el cual se registró la actividad de los alumnos que consiste en representar de maneras muy diversas y con diversos materiales (tiras de papel, plastilina, pelotas de porexpan,...) el conjunto de fenómenos que se han ido considerando. Se identifican lo que llamamos '*transiciones LER*', que consisten en el uso simultáneo de recursos cognitivos del ámbito del '*actuar, del comunicar y del representar* para transitar desde la concreción de los fenómenos a la abstracción de estos mismos fenómenos '*idealizados*' o '*reconstruidos* gracias a la teoría química.
- Con ello, destacamos que el lenguaje, las representaciones y las acciones se refuerzan mutuamente.
- Hemos visto que conectar el lenguaje con el experimento, el experimento con el modelo, el modelo con el lenguaje, no es fácil. Ninguno de los alumnos lo consigue totalmente, pero el instrumento LER nos permite comparar los diferentes discursos y manipulaciones con la maqueta. No se dan todas las '*transiciones*' que teóricamente podríamos '*ver*' y se puede apreciar que los alumnos en su '*discurso*' no acaban de cuadrarlas '*todas*', por más que sí se aprecia que existen transiciones '*más completas*' que otras, si la actividad está mediatizada por la intervención del docente mediante las preguntas apropiadas. Las relaciones que predominan son $R \rightarrow L$, tal como sería de esperar puesto que se está operando con una maqueta que se ha construido para representar (y '*suplantar*', interpretándolo) el fenómenos – experimento.
- El desarrollo cognitivo que se pretende con las transiciones LER requiere enfrentarse a situaciones reales, problemáticas.
- En el Foco II se analizan las narraciones con las cuales los alumnos comunican sus nuevos conocimientos a alguna persona bien identificada, y que condiciona en parte el estilo de las mismas. La química que ahora se muestra es vivencial, la madera, el carbón, el hierro, las llamas... son ahora parte de una historia en la que también intervienen átomos y masas. De

nuevo, se identifican ‘transiciones’ que son ahora algo diferentes: las transiciones $R \rightarrow L$ se complementan ahora con las $R \rightarrow E$, puesto que el fenómeno en si adquiere ahora más protagonismo.

- En el Foco III se analizan los portafolios de final de curso de los estudiantes. Se identifica el uso que hacen de las preguntas: qué tengo (las entidades que identifican), qué hago (sus métodos de intervención), qué pasa y por qué pasa (sus justificaciones teóricas) las cuales, tal como queríamos, orientan a los estudiantes a considerar su propia intervención en el fenómeno. Aparecen diferencias entre dos grupos de estudiantes: tres de nuestros ‘casos’ presentan un mejor resultado que los otros tres; las diferencias se pueden atribuir al diferente número de sesiones de clase al que asistieron estos alumnos.
- Identificamos, en los portafolios, las conexiones que los estudiantes establecen entre fenómenos, las referencias a las relaciones de masa y a la magnitud ‘cantidad de sustancia’ que son, para nosotros, reveladoras del resultado positivo del proceso de modelización.
- El estudio realizado según los focos I, II y III se limita a un solo tema del programa y no permite ‘ver’ que aprendieron los alumnos. No obstante, sí que aporta aspectos iluminadores del proceso de modelización, considerado sinónimo de ‘aprendizaje significativo’ (las transiciones LER, las reconstrucciones del fenómeno en el ‘mundo de la química’) que permite un uso más preciso de los términos representación, modelo y teoría, así como mejor comprensión de la función de la maqueta en la docencia.

En cuanto al significado de ‘Modelo Teórico Escolar’ y a las diferencias con otros ‘modelos’ que se utilizan en la enseñanza de las ciencias.

- Hemos podido caracterizar las diferentes reconstrucciones de los fenómenos ‘reales’ que se utilizan como problemas en el mundo de la teoría química. Ello nos ha permitido concretar mejor lo que llamamos MCQ y diferenciarlo de los conocimientos que han llegado a adquirir los estudiantes.
- La investigación educativa sobre modelos y modelización es muy amplia y, hasta cierto punto, confusa. Nuestra investigación nos permite concretar el significado de algunos de estos términos, excesivamente polisémicos. Llamamos **Modelo Cambio Químico (MCQ)** a todo aquello (a la vez, ideas, acciones y lenguajes) que permite concretar la teoría química en un grupo determinado de fenómenos. Este MCQ se concreta en el **MCQ escolar**, que va a ser una guía en el desarrollo del currículo: los fenómenos químicos se van a ir presentando según sus condicionantes, siguiendo las pautas de ‘campos estructurantes’. Los **‘Campos Estructurantes del MCQ escolar’** son grupos de fenómenos en los cuales este conjunto de ideas, acciones y lenguajes adquieren algún distintivo específico; en el proceso de enseñanza pautado que es el currículo, estos campos estructurantes se irán presentando sucesivamente, lo que va a obligar a ampliar el significado de las entidades teóricas básicas, que siempre

serán las mismas pero que 'se ven' de manera diferente en los diferentes fenómenos.

- En cada **Campo Estructurante** se reconstruye un hecho del mundo según la teoría química. Este 'hecho' pasa a ser un **Hecho Ejemplar o Paradigmático**; en nuestra investigación nos hemos detenido en 'La Carbonera'. Estos Hechos idealizados son 'modelos de cambio químico' que adquieren la función de una 'teoría' en la ciencia escolar.
- Insistimos en que, para nosotros, el 'Modelo' no es sólo 'la idea', sino que requiere la convergencia de las diferentes dimensiones cognitivas. Por ello hemos utilizado 'representación' y no 'modelo' cuando nos referimos a la maqueta. Con ello reconocemos que no nos hemos atrevido a ahondar en lo que podría ser un modelo mental de los estudiantes y nos hemos limitado al soporte material con el que los alumnos muestran su ideas.
- Así, lo que llamamos "Modelo Cambio Químico Escolar no un modelo-representación de una reacción química concreta, sino una 'manera de ver' en conjunto, lo más básico e irreductibles de la química escolar'. Según esta propuesta, la enseñanza de la química debe proporcionar vivencia y criterios relativos al control de la actividad química. Es decir, no buscamos el '*modelo*' en una maqueta sino en la propia química. Con ello, el currículo adquiere un matiz de 'animada discusión sobre un problema, el Cambio Químico'.

BIBLIOGRAFIA

- Abell, K., y Lederman, N. (Eds). (2007). Handbook of research on science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Acher, A., Arcà M. y Sanmartí, N. (2007). Modelling as a teaching-learning process for understanding materials. A case study in primary education, *Science Education*, 91, 398-418.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo para la enseñanza de las ciencias naturales. *REIEC*, 4(1), 40-49.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de cultura económica.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 1 (3). [En línea] Disponible en: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/Numero3/Art1.pdf> [consultado: 18 julio de 2009].
- Andersson, B. R. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70, (5) 549 - 563.
- Andersson, B. R. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16) *Studies in Science Education* 18, 53 - 85.
- Andersson, B (1990). Pupils' conception of matter and its transformation (age 12-16). In Lijse, P., Licht, P., de Vos, W., y Waarlo, A (eds.) *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. pp. 12-35. CD-B Press: Utrecht.
- Andersson, B. (1986a). The experiential gestalt of causation: a common core to pupil's preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8, 2, 155-171.
- Andersson, B. (1986b). *Pupils' reasoning in science, invited paper*, ICASE symposium, Annual meeting of Association for Science Education, University of York.
- Andersson, B. (1984). Chemical Reaction. Report Elevpersktiv, Núm.12, Göterborg: Department of Education Research, University of Göterborg.
- Ahtee, M. e I. Varjola (1998). "Students' Understanding of Chemical Reaction", *International Journal of Science Education*, 20 (3), pp. 305-316.
- Allan, K (1997). "Classifiers", *Language*, Núm 53.
- Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View* (2^{da} ed.), Holt, Rinehart & Winston: New York, (1^{ra} edición, Ausubel, 1968).
- Azcona, R., Guisasaola, J., Furió. C. (2006) Enseñanza de los conceptos 'cantidad de sustancia' y de mol basado en el aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*. 24(1) 43-58.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin [Traducción al castellano: La formación del espíritu científico. Contribución de un psicoanálisis del conocimiento objetivo (1974, 3d.) Siglo XXI: Madrid].

- Baird, D., Scerri, E., y Mc Intryre, L. (2005). *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline*. London: Springer.
- Baker, V. (2002). *Building success in GCSE Science: Chemistry*, Folens Publisher, Dunstable
- Barth, B. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris: Retz.
- Bartolomé, M. (1992). Investigación cualitativa: ¿Comprender o transformar? *Revista de Investigación Educativa*, 20 (2), 7-36.
- Bécu-Robinault, K. (1997). Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels : introduction expérimentale du concept de puissance. *Didaskalia*, 11, 7-37.
- Benarroch, A. (1998). Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia. Descripción, análisis y predicción de características y dificultades. Tesis Doctoral, Granada: UG.
- Bensaude-Vincent, B. y Stengers, I. (1996). *A history of chemistry*. New York: Harvad University Press.
- Bisquera, R. (2004). Metodología de la Investigación educativa (coord.)Ed. Muralla: Madrid.
- Blanco, A. y Carrasquilla, A. (2008) La combustión en los libros de texto de educación primaria: ¿ayuda u obstáculo para el aprendizaje? XXIII Encuentros Didáctica de las Ciencias Experimentales. pp. 1014-1024. Almería.
- Bliss, J. (1983). *Qualitative data analysis for educational research*. London: Croom Helm.
- Bliss, J., Ogborn, J. y Grize, F. (1979). The analysis of qualitative data. *European Journal Science Education*, 1(14), 427-440.
- Bodner, G. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *J. Chem. Educ.*, 63, p. 873.
- Bojezuk M., (1982), Topic difficulties in O and A level chemistry, *Sch. Sci. Rev.*, 63(224), 545-551.
- Book, A., Briggs, H. y Driver, R. (1984). *Aspects of Secondary Students' Understanding of Particulate Nature of Matter, Children's Learning in Science Project Leeds*, University of Leeds
- Boujaoude, S. (1991). A study of the nature of student' Understandings about the Concept of Burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (8) 689-704.
- Boulter, C. (2000) Lenguaje, models and modelling in the primary science classroom. En J.K Gilbert y C.J. Boulter (eds.), *Developing Models in Science Education*, 289-305. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Breslow, R. y Gárritz, A. (2002). Context-based approaches to the teaching of chemistry: what are they and what are their effects? En Gilbert, *et al* (ed.) *Chemical education: Towards resaerch-based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Brigg, H. y B. Holding (1986). Aspect of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry: *Full Report, Children's Learning in Science Project Leeds*, p.64. University of Leeds.
- Brosnan, T. (1990) Categorising macro and micro explanations of material change. In Lijse, P., Licht, P., de Vos, W., y Waarlo, A (eds.) *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. pp. 198-212. CD-B Press: Utrecht.
- Bruner, J. (2003). *La educación puerta de la cultura*, Visor, Col. Aprendizaje: Madrid (3 ed.)
- Bryman, A. (2008). *Social reseach method*. Oxford University Press: Oxford.
- Buty, C., y Mortimer, E. (2007). Dialogic/authoritative discourse and modelling in a high school teaching sequence on optics. *International Journal of Science Education*, (12), 1635 – 1660.
- Bybee, J (1985). *Morphology: A study of the relation between meaning and form*, Philadelphia: Benjamin
- Caamaño, A. (2006). Proyectos de ciencias entre la necesidad y el olvido. *Alambique*, 48, 10-24

- Caamaño, A. y Izquierdo, M. (2003) El currículo de química del bachillerato en Catalunya: todavía muy lejos de una química contextualizada, *Alambique*, 36, 60-67.
- Caamaño, A. (2001a). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España, *Educación Química*, 12(1), 7-17.
- Caamaño, A. (2001b). Representar el currículo de química en los inicios del siglo XXI, *Alambique*, 29, 43-52.
- Carlsen, W. S. (2007). Language and science learning. In S. Abell y N. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 57-74). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Cambridge University Press.
- Carter, R (1988). Some linking regularities, En Levin, B y Tenny, C (comps.), *On linking: Paper by Richard Carter* (Lexicon Project Working Paper n. 25), Cambridge, MA, MIT Centre Cognitive Science.
- Carter, R (1976). Some constrain on possible words, *Semantikos*, Núm 1.
- Cardellini, L. (2006). The Views and Influence of Ernst Von Glasersfeld: An Introduction. *Foundations of Chemistry*, 10, 129–134.
- Cartwright, N. (1999). *The dappled world: a study of the boundaries of sciences*. Cambridge: England.
- Chalmers, A. (1999). *What is this called science?* Open Queensland Press. (3 Ed.). (Trad. cast. ¿Qué es esa cosa llamada ciencia?, 2007, Ed. Siglo XXI: Madrid).
- Chevallard Y. (1985). *La transposition didactique - Du savoir savant au savoir enseigné*, La Pensée sauvage: Paris.
- Clement, J. (1993). A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students. En D. Gentner., & A.L., Stevens. (Eds.) *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Childs, P. (2009). Improving chemical education: turning research into effective practice. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2009, 10, 189–203
- Childs, P y Sheehan, M. (2009). What's difficult about chemistry? An Irish perspective. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2009, 10, 204–218
- Cosgrove, M. y Osborne R. (1981). *Physical change: A working paper of the learning in Science Project*, Núm 26, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.
- Coffey, A. y Atkinson, P. (1996). *Making sense of qualitative data: complementary research strategies*. Sage publication Inc: London.
- Coll, R., Ali S. y Bonato, J. (2006). Investigating first year chemistry learning difficulties in the South Pacific: a case study from Fiji, *Int. J. Sci. Math. Educ.*, 4, 365-390.
- Coll, R., France, B. y Taylor, (2005). The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
- Cook, T. y Richardt, C. (1986). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Morata: Madrid.
- Craig, B. (1972). The philosophy of Jean Piaget and its usefulness to teachers of chemistry. *J. Chem. Educ.*, 49, 807.
- Cros, D., Chatrette, M. y Fayol, M. (1988) Conception of Second year University Students of Some Fundamental Notion in Chemistry, *International Journal of Science Education*, 8(3), 305-313.
- Cros, D., Maurin, R., Amouroux, M., Chastrette, J., Leber, J., Fayol, M (1986). Conception of First-year University Students of the Constituents of Matter and Notion of Acids and Bases. *European Journal of Science Education*, 8 (3), 305-313.
- De Jong, O. (2007). Teaching practice and research in chemistry education: living apart or together?. En Izquierdo, Caamaño y Quintanilla (Ed.) *Investigar en la enseñanza de la química. nuevos horizontes: contextualizar*

- Denny, J (1976). What are noun classifiers good for? *Paper from the Twelfth Regional Meeting of the Chicago Linguistics Society*.
- Develaki, M. (2007). The Model-Based View of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science & Education*, 16, 725-749.
- de Vos, W., y Verdonk, A. (1987a). "A New Road to Reactions, Part 4, The Substance and its Molecules", en *Journal of Chemical Education*, 64. pp. 692-694.
- de Vos, W. (1987b). "A New Road to Reactions, Part 5, The Elements and its Atoms", *Journal of Chemical Education*, 64, pp. 1 010-1 013.
- de Vos, W. (1986). "A New Road to Reactions, Part 3, Teaching the Heat Effect of Reactions", *Journal of Chemical Education*, 63, pp. 972-974.
- de Vos, W. (1985a). "A New Road to Reactions, Part 1", *Journal of Chemical Education*, 62, pp. 238-240.
- de Vos, W. (1985b). "A New Road to Reactions, Part 2", *Journal of Chemical Education*, 62, pp. 648-649
- Donnelly, J. y Welford, A. (1988). Children's performance in chemistry. *Education in Chemistry*, 25 (1), 7-10.
- Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (eds) (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University
- Driver, R. (1988). Hacia un enfoque constructivista de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 109-120.
- Duit, R. (2004) *Bibliography STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*; Leibniz Institute for Science Education (INP): Kiel, Germany. [on-line: <http://www.inp.uni-kiel.de/aktuell/stce>, acceso marzo 2008].
- Duranti, A. y Goodwin, C. (2000). *Rethinking context. Language as an interactive phenomenon*. New York: Cambridge University Press.
- Erickson, F. (1998). Qualitative research methods for science education. In Fraser, B. y Tobin, K. (eds) *International Handbook of Science Education*, pp.1155-1173. Kluwer Academic Publishers: London.
- Erduran, S. (2001) "Philosophy of Chemistry: An Emerging Field with Implications for Chemistry Education" *Science & Education*, 10, 581-593.
- Espinete, M., Izquierdo M., Bonil, J., Ramos L., y Merino, C. (2010) The role of language in modeling the natural world: perspectives in science education. En Fraser, Tobin y McRobbie (Eds.) *Second International Handbook of Science Education*. New York: Springer.
- Fraser, y Tobin, K. (2003). *International Handbook of research in science education (2° ed.)* Dordrech: Kluwer Academic Publisher
- Feynman, R. (1999) *The pleasure of finding things out*. Perseus Book Publishing. (Trad. cast. *El placer de descubrir*, 2004, Ed. Crítica: Barcelona).
- Fleck, L. (1979). *Genesis and development of a scientific fact* (F. Bradley & T. J. Trenn, Trans.). Chicago: The University of Chicago Press. (Original work published 1935).
- Fillmore, C. (1968) The case for the case. In Bach, E (Ed.). *Universals in linguistic theory*. London: HRW.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata: Madrid [Qualitative sozialforschung, 2002. Rowohit Taschenbuch Verlag GmbH, Reidek bei Hamburg]
- Fourez, G. (2002). Les sciences dans l'enseignement secondaire. *Didaskalia*, 21, 107-122.
- Gabel. D. (1998), "The complexity of chemistry and implications for teaching", in B.J. Fraser, K.G. Tobin (Eds), *Handbook of Research in Science Education*, pp.233 - 248. London: Kluwer Academic Publishers.
- Galagovsky, L. R. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 231-242.
- García, A. (2004). Introducción a la configuración electrónica de los átomos en los niveles básicos de enseñanza. *Alambique*, 40, 25-34.

- Glaser, B. y Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*, Aldine: Chicago.
- Gensler, W. (1970). "Physical versus chemical change". *Journal of Chemical Education*, 47 (2), 154-155.
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 63-70.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gilbert, J., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D., y Van Driel, J. (Eds.). (2002). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht/Boston: Kluwer Academic Publishers
- Gilbert, J. K. y Boutler, C. J. (1998). Learning science through models and modeling. In K. G. Tobin & B. J. Fraser. (Eds.) *International Handbook of Science Education* (pp. 53-66). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. (1993). *Models and modeling in science education*. UK: Hatfield.
- Giordan, A, y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*. Sevilla: Diada.
- Givry, D. y Roth, W.M. (2006). Toward a new conception of conceptions: Interplay of talk, gestures, and structures in settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 1086-1109.
- Guidoni, P. (1985). On Natural Thinking. *International Journal of Science Education*, 7 (2), 133- 140.
- Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R.M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25, 325-340.
- Gómez, A (2006) Estrategias de organización de los actores del cambio educativo en la enseñanza de las ciencias en educación básica. En Singh, K., Gómez, A y Escamilla, J (eds.) *Ter Simposio Nacional de Investigación sobre Innovación Educativa*, 179-188. Grafo Print: Ciudad de México.
- Gómez-Galindo, A. (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: una visión escalar*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona: Bellaterra.
- Goetz, J.P. y Lecompte, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación cualitativa*, Morata: Madrid.
- Greca, I. M. y Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
- Greca, I.M., Moreira, A. (2001). Mental, Physical and Mathematical Models in the teaching and learning of Physics. In Kelly et al (eds) *Learning Models in Physics*, pp. 106- 121. Wiley & Sons
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., y Smith C. (1991). Understanding models and their use in science conceptions of middle and high school teachers and experts. *Journal of Science Education*, 14(2) 201-220.
- Guba, E., y Lincoln, Y. (1994). Competing paradigms in qualitative research. En Denzin y Lincoln (eds) *Handbook of Qualitative Research* (pp. 105-117) London: Sage.
- Gunstone, R.F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. En Woolnough, B.E. (Ed.), *Practical science: The role and reality of practical work in school science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.
- Gutiérrez, R., y Ogborn, J. (1992). A causal framework for analyzing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 14, 201- 220.
- Halliday, M. A. K., y Martin, J. (1993). *Writing science: literacy and discursive power*. London: Falmer Press.
- Halliday, M.A.K. (1972). *Explorations in the function of language*. London: Edward Arnold.
- Halliday, M.A.K. (1985). *An introduction to functional language*. London: Edward Arnold.
- Halloun, I (2004) *Modeling theory in science education*. Londres: Kluwer Academic Publishers.
- Harre, R. (1972). *The philosophies of science*. Oxford: OUP

- Hart, C. (2007). Models in physics, models for physics learning, and why the distinction may matter in the case of electric circuits. *Research in Science Education*, 38, 529-544.
- Harrison, A., y Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011- 1026
- Happs, J. (1980). *Particles: A working paper of the learning in science project*, Núm. 18, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.
- Henze, I., vanDriel, J., y Verloop, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37, 99-122
- Hesse, M. (1972). Models and analogies in science. In Edwards, P. (Ed.). *The encyclopedia of Philosophy* (Vol. 5, pp.354-359). New York: Macmillan.
- Herron, J. (1984). Using research in chemical education to improve my teaching. *J. Chem. Educ.*, 61, 850.
- Hierrezuelo, J. y Moreno, A. (1988). *La Ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y la química*. Barcelona: Laia
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Islas, S. y Pesa, M. (2003). "¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?", *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 57-66.
- Izquierdo, M. y Merino, C. (2009). Los modelos en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Septiembre, Barcelona.
- Izquierdo, M y Adúriz-Bravo, A. (2009). Physical Construction of the Chemical Atom: Is it Convenient to Go All the Way Back? *Science & Education*, 18:443-455
- Izquierdo, M., Couso, D., y Merino, C. (2008). Problemas para aprender ciencias: algunas propuestas para su diseño y ejemplos. En Jiménez-Liso, R (Ed.) *Actas de XXIII Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 391-399. Almería, 9-12 de septiembre.
- Izquierdo, M., Marzábal, A., Márquez, C. y Gouvea, G. (2007). Experimental stories in science textbooks: How are the world facts built? *Proceedings 7thESERA conference*, Malmö, Sweden, 21-25 August.
- Izquierdo, M. (2007) Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 6, 125-138
- Izquierdo, M., Caamaño, A y Quintanilla, M (2007). *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Barcelona: Servei de publicacions, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Izquierdo, M y Merino, C. (2006) Un enfoque 'modelizador' para la enseñanza de una 'química básica para todos'. *Actas 22 Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Septiembre, Zaragoza.
- Izquierdo, M, Adúriz-Bravo, A. (2005a). Los modelos teóricos para una ciencia escolar. Un ejemplo de Química. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Septiembre. Granada.
- Izquierdo, M y Adúriz-Bravo, A (2005b) La enseñanza de los componentes prácticos y axiológicos de los conceptos químicos. En M. T. Cabré, C. Bach (Eds.). *Coneixement, llenguatge i discurs especialitzat*, pp. 325-345. Barcelona: Lula, Documenta universitària.
- Izquierdo, M. (2005c). La función retórica de las narraciones en los libros de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.[en línea] disponible en: http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/Simposios/11_Los_textos1/Izquierdo_773.pdf. [acceso: jueves 20 agosto de 2009].
- Izquierdo, M (2005d). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.

- Izquierdo, M. (2005e) ¿Para qué se inventaron los problemas de química? *Educación Química*, 16 (2), 246-259.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal Argentine Chemical Society*, 92 (4-6), 115 – 136
- Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Colecció Materials 150. Servei de Publicacions. Universitat Autònoma de Barcelona: Bellaterra.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a leer y a escribir textos de ciencias de la naturaleza. En: Jorba, J.; Gómez, I.; Prat, A. (Eds). *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situaciones de enseñanza-aprendizaje de las áreas curriculares*. Madrid: Ed. Síntesis, pp. 210-233.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimental. *Enseñanza de las Ciencias*. 17, 45-59.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M.P., Pujol, R.M., Sanmartí, N. (1999) Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. 79- 91
- Izquierdo, M. y Rivera, L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias. *Alambique*, 11, 24-33.
- Izquierdo, M. (1995). *Fundamentación del proyecto docente e investigador*. Concurso de Méritos a Profesor Titular de Universidad.
- Izquierdo, M. (1994). La V de Gowin, un instrumento para aprender a aprender (y a pensar). *Alambique*, 1, 114-124.
- Jiménez-Liso, R. y De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: regresión ó innovación. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 257–272.
- Jimoh A. J., (2005), Perception of difficult topics in chemistry curriculum by students in Nigeria secondary schools, *Ilorin J. Educ.*, 24, 71-78.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnstone A., (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 7, 49-63.
- Johnstone A., (2000), Chemical Education research: where from here?, *Univ. Chem. Educ.*, 4, 34-38.
- Johnstone, A. (2000a). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.* 1, 9-15.
- Johnstone, A. (2000b). Chemical Education research: where from here?. *Univ. Chem. Educ.*, 4, 34-38.
- Johnson, P. (2000). Developing student' understanding of chemical change: what should we be teaching? *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.* 1, 77-90
- Johnstone A., Sleet, R., y Vianna, F. (1994). An information processing model of learning: Its application to an undergraduate laboratory course in chemistry. *Studies in Higher Education*, 19 (1), 77 – 87.
- Johnstone, A., y Wham, A. (1982). Demands of Practical Work, *Education in Chemistry*, 19(3), 71-73.
- Jorba, J., y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC .
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 173-184.
- Justi, R. y Gilbert, J. (2003) Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25, 1369-1386.

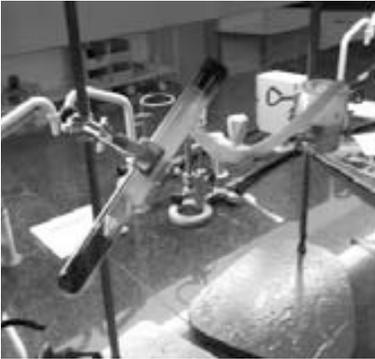
- Justi, R. y Gilbert, J. (2002). Models and modelling in Chemical Education. En Gilbert *et al.*, (eds) 'Chemical Education: Towards Research Based practice', pp. 47-68. Dordrecht: Kluwer
- Karplus, R. y Their, H. (1967). *A New Look at Elementary School Science*. Rand McNally and Co: Chicago.
- Kind, V. (2004) *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. Royal Society of Chemistry.
- Koponen, I. T. (2007). Models and modelling in physics education: A critical reanalysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*, 16, 751 – 773.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press
- Lakoff, G y Johnston, M (1986). *Methaphors we live by*. Chicago: University of Chicago
- Leach, J. y Scott, Ph. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12, 91-113.
- Leach, J. (1998). The use of secondary data in teaching about data analysis in a first year undergraduate biochemistry course. En J. Leach, J. Lewis & J. Ryder (Eds.) *Learning about the actual practice of science: three case studies of undergraduate labwork from the UK* (pp. 9-60). Leeds: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Lemke, J. (1993). *Talking science: lenguaje, learning and values*, Norwood: Albex Publishing Corporation (Trad. cast. *Aprender a hablar ciencias*, Barcelona: Paidós, 1997).
- Le Maréchal, J-F. (1999). Modelling student's cognitive activity during the resolution of problems based on experimental facts in chemistry education. En Leach y Paulsen (Eds.) *Practical work in science education-recent research studies*. pp. 195-209. Roskilde University Press & Kluwer Academic Publisher: Denmark.
- Linares, R. (2004). *Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la Tabla Periódica en los cursos generales de Química*. Tesis Doctoral. Bellaterra: Universidad Autònoma de Barcelona.
- Llores, J. (1991). *Comenzando a aprender química, ideas para el diseño curricular*. Visor: Madrid.
- Llorens, J. (1987). *Propuesta y aplicación de una metodología para analizar la adquisición de conceptos químicos necesarios en la introducción a la teoría atómico-molecular*. Tesis Doctoral. Valencia: Universidad Politècnica València.
- Llorens, J. y de Jaime, M. (1987). El medio cultural y la formación de los conceptos científicos: una aproximación lingüística. *Infancia y aprendizaje*. 39/40, 47-55
- Lopes, J. y Costa, N (2007) The evaluation of modelling competences: difficulties and potentials for the learning of science. *International Journal of Science Education*. 29 (7), 8811-851.
- McLaughlin, S. (2003). Effect of modelling instruction on the development of proportional reasoning II: [online], disponible en: http://modeling.asu.edu/modeling/McLaughlinS_PropReas-II_03.pdf [acceso 23 Julio 2007].
- Mancy R. y Reid N., (2004), Aspects of cognitive style and programming, paper presented at the 16th workshop of the Psychology of Programming Interest Group, Carlow, Ireland.
- Martinand, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Collection exploration recherches en sciences de l'éducation. Peter Lang: Berne.
- Martín del Pozo, R. (2003) Análisis del concepto de cambio químico en los libros de texto de educación primaria. *Rev. Chil. Educ. Cient.* 1(2), 16.
- Martín del Pozo, R. (1998). La construcción didáctica del concepto de cambio químico. *Alambique*, 17, 65-75.
- Martín del Pozo, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación del profesorado. Estudios de las concepciones disciplinares y didáctica de los estudiantes de Magisterio*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

- Martins, I. (2001). Explicações, representações visuais e retórica na sala de aula de ciências. In E. F. Mortimer & A. L. Smolka (Eds.). *Linguagem, cultura e cognição. Reflexões para o ensino e a sala de aula.* (pp. 139-151). Belo Horizonte, Brasil: Autentica.
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales, F. (2008) Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2) 153-176.
- Méhéut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education. Special Issue.* 26(5), 515-535.
- Meheut, M, Saltiel, E. y Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11 - 12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7, 83 - 93.
- Menari, A. (1983). *Diccionario de pedagogía*. Barcelona: Ed.Grijalbo.
- Merino, C. e Izquierdo, M. (2008). Las reglas de juego en el tratamiento del descomponer y el quemar. En Jiménez-Liso, R (Ed.) *Actas de XXIII Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 299-313. Almería, 9-12 de septiembre.
- Merino, C y Izquierdo, M. (2008). Las reglas de juego en el tratamiento del descomponer y el quemar. *Actas 23 Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Septiembre, Almería.
- Merino, C. y Sanmarti, N. (2008) How young children model chemical change? *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9, 196-207.
- Merino, C. y Quintanilla, M. (2008) Consensuando criterios sobre el uso de la historia de la ciencia en la enseñanza. *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica* .1 (2), 89-96.
- Merino, C. (2006). Planificación de la actividad experimental en un curso de química universitaria. Tesis de Máster. Universidad Autónoma de Barcelona: Bellaterra.
- MINEDUC (2004) *Planes y programas*. Ministerio de Educación. Gobierno de Chile.
- Moreira, M.A. (2001). Modelos mentais. In E. F. Mortimer & A.L. Smolka (Eds.). *Linguagem, cultura e cognição. Reflexões para o ensino e a sala de aula.* (pp. 189-221). Belo Horizonte, Brasil: Autentica.
- Mortimer, E. y Scott, P. (2003). *Meaning making in science classrooms*. Milton Keynes: Open University Press.
- Mortimer, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*. 4. 267-285.
- Nakleh, M (1992). Why some Student don't Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
- Neruda, P (2005). *Oda al átomo; Oda a la energía; Oda al laboratorista; Oda a los números; Oda al mar; Oda a vino. En: Odas elementales. Fundación Neruda, Pehuén: Santiago*
- Nersessian, N (1999). Model-based reasoning in conceptual change. En Magnani, L., Nersessian, N., y Thagard, P. (eds.) *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers
- Nunziati, G. (1990). Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice. *Cahiers pédagogiques*, 280, 47-64.
- Ogborn, J., Kress, G.R., Martins, I. y McGuillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Oliva, J.M.; Aragón, M.M. y Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 429-444
- Orange-Ravachol, D., y Triquet, E. (2007). Sciences et récits, des rapports problématiques. *Aster*, 44, 7-22.
- Pallón, I. (2007) El hombre que peso los átomos. Dalton. Colección científicos para la historia. Madrid: Nivola.
- Perales, F. (2006). El uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1) pp. 13-30.
- Perales, F. y Jiménez, J. (2004). Las ilustraciones en los libros de Física y Química de la ESO. *Educación Abierta. Aspectos didácticos de Física y Química* 12.p. 11-65. ICE de la Universidad de Zaragoza.

- Pérez-Serrano, G. (1994). Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. I. Métodos. Madrid: La Muralla.
- Perrenoud, P. (2004) *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Ed. Graó
- Pfund, H. y Duit, R. (1994). *Student's alternative frameworks and science education* (4a ed. IPN Reports-in-Brief). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Piaget, J. (1973). *The Child's Conception of the World*. St. Albans: UK (1^{ra} edición por: Routledge & Kegan Paul, 1929).
- Pinarbasi T. y Canpolat N., (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal Chemistry Education*. 80 1328-1332.
- Pilling, G. y Waddington, D. (2005). Implementation of largen-scale science curricula: A study in Seven European Countries. *Journal of Science Education and Technology*, 14(4), 393-407.
- Pinker, S. (2007). El mundo de las palabras. Una introducción a la naturaleza humana. Paidós: Barcelona.
- Pinker, S (1989). *Learnability and cognition: the acquisition of argument structure*, Cambridge MA, MIT Press.
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232.
- Pope, M. (1982). Personal construction of formal knowledge. *Interchange*, 13 (4), 3-15.
- Prieto, T. y Watson, R. (2007). Trabajo práctico y concepciones de los alumnos: la combustión. En Izquierdo, M., Caamaño, A., y Quintanilla, M. (eds) *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 115-140) Bellaterra: Servei de publicacions, UAB.
- Prieto, T., Watson, R. y Dillon, J. (1992). Students' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, 331-340
- Quintanilla, M. (2006). La ciencia en la escuela: un saber fascinante para aprender a 'leer el mundo'. *Rev. Pensamiento Educativo*, 39 (2), 177-204
- Quintanilla, M. (2003). Hablar y escribir la didáctica hoy: del modelo ingenuo al modelo crítico productor de conocimiento. *Revista REXE*, 3, 69-82. Concepción.
- Ratcliffe M., (2002), What's difficult about A-Level chemistry. *Educ. Chem.*, 39, 76-80.
- Ross, B. y Munby, H. (1991) Concept Mapping and Misconceptions: A study of High School Students' Understanding of Acid and Bases. *International Journal of Science Education*. 13(1), 11-23.
- Sabariego, M. y Bisquera, R. (2004) Procesos de investigación. Capítulo 3. En Bisquera (coord) *Metodología de la investigación educativa*. 89-125. Madrid: Muralla.
- Sánchez, E., García, J. R., Rosales, J., de Sixte, R., Castellano, N. (2008) Elementos para analizar la interacción entre estudiantes y profesores: ¿qué ocurre cuando se consideran diferentes dimensiones y diferentes unidades de análisis? *Revista de Educación*, 346, 105-136
- Sander, F. Niedderer, H. y Schecker, H. (1998). Learning processes in computerbased physics labwork in a course on Newtonian mechanics. En D. Psillos y H. Niedderer (Eds.), *Working paper 7. Case studies of labwork in five European countries*. European Project: Labwork in Science Education
- Sandín, M. (2004). Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones. M^c Graw Hill Interamerica: Madrid.
- Sanmartí, N. (2009). Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del área: la experiencia de la revista *Enseñanza de las Ciencias*. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (3) 301-320.
- Sanmartí, N. y Merino, C. (2005) "La enseñanza de la Química y las nuevas tecnologías: Qué cambia y qué no cambia"- I Jornadas de enseñanza de la Química. Palma de Mallorca. Disponibles en: <http://antalya.uab.es/ice/sanmarti> [acceso: 13 de septiembre de 2009].

- Sanmartí, N., e Izquierdo, M. (2002). El lenguaje y la experimentación en las clases de Química. Aspectos didácticos de física y química. pp. 41-88. Universidad de Zaragoza, Instituto de Ciencias de la Educación.
- Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.
- Sanmartí, N. y Azcarate, C. (1997). Reflexiones en torno a la línea editorial de la revista enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1) 3-9.
- Sanmartí, N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos de didáctica de la lengua y de la literatura*, 8, 27-40.
- Sanmartí, N. (1989) *Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona: Bellaterra
- Santini, J. (2007). Jeux épistémiques et modélisation en classe ordinaire: les séismes aux tours moyen. *Didaskalia*, 31, 47-83.
- Schank, R. (1982). *Dynamic memory*. Cambridge: CUP.
- Schollum, B (1982). Reactions: working paper no 27. LISP, New Zealand: University of Waikato
- Schollum, B., Osborne, R., y Lambert, J. (1981). Heating and cooling: working paper no 38. LISP, New Zealand: University of Waikato
- Shollum, B (1981). *Chemical Change: A working paper of the learning in Science Project*. (p. 20). Núm. 27, University of Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda.
- Séré, M.G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the European project Labwork in Science Education. *Science Education* 86 (5), 624-644
- Selley, N. (2000) Students' spontaneous use of a particulate model for dissolution. *Research in Science Education*, 30, 389-402.
- Séré, M.G., (1999) Learning science in the laboratory: Issues raised by the European Project "Labwork in Science Education". In Bandiera, M. Caravita S., Torraca, E., Vicentini, M., (Eds.) *Research in Science Education in Europe*. Dordrecht: Kluwer, 165-175.
- Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. y Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, 92, 424-446.
- Sensevy, G. y Santini, J. (2006). Modelisation: Un approche epistemologique. *Aster*, 43, 163-188.
- Shepardson, D.P., Wee, B., Priddy, M., y Harbor, J. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 327-348.
- Silva, C.C. (2007). The role of models and analogies in the electromagnetic theory: A historical case study. *Science & Education*, 16, 835-848.
- Sjöström, J. (2006). Beyond Classical Chemistry: Subfields and Metafields of the Molecular Sciences. *Chemistry International*, 28(5), 9- 15.
- Solsona, N. (1998) *L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Spiliotopoulou, V. (2007). Models of the universe: Children's experiences and evidence from the history of science. *Science & Education*, 16, 801-833.
- Sutton, C. (1998). New perspectives on language in science. En K. G. Tobin & B. J. Fraser. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. (pp. 27-38). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Sutton, C. (1996). Beliefs about science and beliefs about language. *International Journal of Science Education*, 18, 1-18.

- Taber, K. (2006). Beyond Constructivism: the Progressive Research Programme into Learning Science. *Studies in Science Education*, 42(1) 125 – 184.
- Taber, K. (2002a). *Chemical misconceptions; prevention, diagnosis, and cure* (vol. 1). Royal Society of Chemistry: London.
- Taber, K. (2002b). *Chemical misconceptions; prevention, diagnosis, and cure*, (vol. 2). Royal Society of Chemistry: London.
- Taber, K. S. (2000). Chemistry lessons for universities?: A review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4 (2), 26-35.
- Tobin, K. y Fraser, B. (1998). *International handbook of science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Tobin, K., Tippins, D., y Gallard, A. (1993) Research on instructional Strategies for Teaching Science. En, Gabel D. (Ed) *Handbook of research on science teaching and learning*. NY :Macmillan pp 45-93
- Treagust, D., Chittleborough, G. y Mamiala, T. (2004). Students' understanding of the descriptive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34, 1-20.
- Via, A. (2009). L'avaluació de les competències escolars de coneixements tecnocientífics. *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Barcelona: Bellaterra.
- Viennot, L. (2007). La physique dans la culture scientifique: entre raisonnement, récit et rituels. *Aster*, 44, 23-40.
- von Glasersfeld, E. (1984). An introduction to radical constructivism. En Watzlawick, P. (ed.) *The invented reality*. p. 17-40. Norton: New York.
- Wandersee, J. y Baudoin-Griffard, P. (2002). The history of chemistry: potential and actual contributions to chemical education. En J.K. Gilbert *et al.* (eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, (pp. 29–46). Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., Novak, J. D. (1994). Learning: Alternative conceptions. En D. L. Gabel (Ed.), *Handbook on Research in Science Teaching* (pp. 177-210). A project of the National Science Teachers Association. New York: Macmillan.
- Watson, R., Prieto, T. y Dillon, J. (1997). Consistency of Students' Explanation about Combustion. *Science Education*, 81, 425-444
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. England: Cambridge University Press.
- Wellington, J. (1998) (Ed): *Practical work in school science - Which way now*. London: Routledge.
- White, B., y Frederiksen, J. (1998). Inquiry, modelling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–117.
- Wittgenstein, L. (1997). *Philosophical investigations* (G. E. M. Anscombe, Trans.), Oxford, England: Blackwell. (Original work published 1953).
- Witrock, C. (ed.) (1986). *Handbook of research on teaching*. 3rd edition. New York: Macmillan Publishing Co
- White, R.T. (1996). The link between laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.
- Woolnough, B. y Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Woods, P. (1987). *La escuela por dentro. La etnografía en la investigación educativa*. Paidós: Barcelona.



Estapan del Luis

Reisen	habitar: resto' del canis
cominas	química (apunta a
	particular es canis qui
	min.) Reisen sobre el
	fenòmens del món (comis pum);
	per las explicar i fr.

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona