



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

Tesi Doctoral

**PERFILS D'ACTIVITAT
CIENTÍFICA ESCOLAR EN LES
PLANIFICACIONS D'ESTUDIANTS
DE MESTRE D'EDUCACIÓ
PRIMÀRIA. CANVIS I
CONTINUÏTATS.**

Autor

Jordi Martí Feixas

Directores

Dra Genina Calafell Subirà

Dra Mercè Junyent Pubill

Desembre de 2015

Programa de doctorat en Didàctica de les Ciències i Matemàtiques
Departament de Didàctica de la
Matemàtica i de les Ciències Experimentals
Universitat Autònoma de Barcelona

*A la Clara,
per tot el temps que m'ha prestat*

Si tot sembla perdut,
i s'estreny el laberint,
ens agafem de la mà
i saltem junts

Roger Mas

A moments ho engegaries tot a dida

Com hauria estat bell d'haver crescut
sense aquest pes enorme a les espatlles,
sense aquesta gran nosa a dins la boca,
en una casa blanca, vora mar,
amb les finestres sempre obertes

Miquel Martí i Pol

Sort que hi ha moltes altres coses a fer

Life is what happens
while you are busy making other plans.

John Lennon

I que, tard o d'hora, tot arriba a la fi

I shall be released

Bob Dylan

Aquesta tesi doctoral ha estat escrita per Jordi Martí i Feixas, matriculat als estudis de doctorat del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona i investigador adscrit al grup de recerca CoDi (Coneixement i Didàctica) de la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya.

Durant el període de realització d'aquesta tesi, s'han produït tres comunicacions orals en sengles congressos de didàctica derivades dels resultats de recerca que es presenten en aquesta tesi doctoral, i s'ha publicat un llibre que ha aprofitat una part del marc teòric de la tesi.

Comunicacions orals a Congressos:

Martí, J, (2010, febrer) *Evolució del coneixement didàctic del contingut per a l'ensenyament de les ciències en mestres d'Educació Primària en formació inicial*. II Congrés Internacional de Didàctiques. Girona. Coorganitzat per la Université de Genève, la Universidad de Granada i la Universitat de Girona.

Martí, J. (2010, novembre) *Presencia de actividad científica en la planificación de secuencias de actividades de maestros de educación primaria en formación inicial*. I Congreso Internacional: Reinventar la profesión docente. Málaga. Organitzat pel Departament de Didàctica i Organització Escolar de la Universidad de Málaga.

Martí, J, (2013, setembre) *Cambios y continuidades en los modelos de actividad científica que utilizan los estudiantes de maestro de Educación Primaria en las secuencias de actividades que planifican*. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Coorganitzat per la Revista Enseñanza de las Ciencias, la Universitat Autònoma de Barcelona i la Universitat de València.

Llibre

Martí, J. (2012) *Aprender ciencias a l'educació Primària*. Barcelona: Graó.

Agraïments

En el llarg procés d'elaboració d'una tesi doctoral, molt sovint tens una sensació de solitud. Ningú més està tan capficat com tu per aquelles preguntes de recerca, ningú més dóna tantes voltes a com obtenir i analitzar unes dades, a com establir unes conclusions, etc. Fins i tot, arribes a pensar si tot plegat valia la pena, si....

Malgrat aquesta sensació de solitud, deguda a l'alt grau d'implicació que un mateix té amb la seva tesi, cap tesi doctoral no es fa en solitari, i per això cal agrair a tots aquells que d'una manera o altra, han facilitat i ha contribuït a què, finalment, aquest projecte arribi a la fi.

En primer lloc el meu agraïment més pregon a la Clara, senzillament perquè durant molts anys, segurament massa, m'ha cedit un temps que podíem haver aprofitat per viure'l junts. Espero poder-te'l retornar. També als meus fills, en Roger i l'Arnau; tots dos heu nascut i heu començat a créixer durant el procés d'elaboració d'aquesta tesi. Ara que ja estic a punt d'acabar-la d'escriure us vull agrair tantes vegades com heu acceptat, més o menys conformats, que el pare havia d'escriure a l'ordinador i no podia fer una de les coses que més li agraden: jugar amb vosaltres.

També vull agrair la paciència dels meus familiars i amics. Ara quan em demaneu: *com va la tesi?*, ja podré dir: *acabada*.

Vull agrair a l'Arnau (gràcies per tants comentaris i per cedir-me les mandales!!), les Isabels, en Víctor, en Sebas, la Mercè i, en general, a tots els meus companys del Grup de Recerca CoDi, i de la Universitat de Vic, el vostre interès sobre la meva tesi i les estones que hem compartit debatent sobre la formació dels mestres. Espero que a partir d'ara, sense la feixuga càrrega de la tesi, podrem portar a terme molts projectes junts.

També vull agrair a la Marta Otero, ex-viceirectora de recerca de la Universitat de Vic, i a Pere Pujolàs (*in memoriam*), Francesc Codina i Joan Soler, degans de la Facultat d'Educació de la Universitat de Vic, el temps que m'han concedit en diversos moments, i la seva confiança en què aquesta tesi, tard o d'hora, arribaria a la fi.

Aquesta tesi no seria possible sense els centenars d'estudiants de mestre que he anat coneixent al llarg de gairebé vint anys de docència a magisteri, i especialment als que van acceptar de

participar en aquest estudi. He après moltes coses de tots vosaltres que m'han permès millorar el plantejament de la meva docència.

No em vull oblidar de tots aquells que m'han ajudat a créixer com a investigador i que, d'una manera o altra, m'han acompanyat en aquest part tan llarg. En primer lloc a la Mercè Izquierdo, la Neus Sanmartí, la Conxita Márquez i la Mariona Espinet, a qui considero les meves Mestres (en majúscules) en el món de la didàctica de les ciències. També, i molt especialment, a la Rosa Maria Pujol, també Mestra i primera directora d'aquesta tesi: gràcies per la teva paciència i per no haver-me engegat a dida en més d'una ocasió. Un record molt especial per al Josep Bonil, senzillament dir-te que em sap molt greu que no puguem celebrar que, per fi, ja he acabat la tesi.

Finalment agrair a la Genina Calafell i a la Mercè Junyent, que m'hagin guiat i acompanyat en el tram final d'aquesta tesi. Sincerament, us agraeixo molt la vostra generositat.

La tesi doctoral *Perfils d'activitat científica escolar en les planificacions d'estudiants de mestre d'Educació Primària: Canvis i continuïtats* té la finalitat de descriure i analitzar l'evolució temporal dels perfils d'activitat científica escolar que els estudiants de mestre d'Educació Primària proposen quan planifiquen seqüències d'activitats d'ensenyament a l'inici i al final d'una assignatura de didàctica de les ciències. Pretenem, així, contribuir a aprofundir i ampliar el coneixement sobre la capacitat dels estudiants de mestre de planificar contextos d'activitat científica escolar (ACE) per als seus alumnes, perquè considerem que aquesta capacitat és un dels components fonamentals del coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències dels estudiants, i dels mestres en general.

Metodològicament, la investigació s'ha plantejat com un estudi de cas, i per això s'han utilitzat els documents que quatre grups d'estudiants, els quatre casos d'estudi, han generat com a resultat de diverses tasques proposades al llarg de l'assignatura de Ciències Naturals i la Seva Didàctica de la diplomatura de Mestre d'Educació Primària. La font primària de dades prové dels documents que contenen les seqüències d'activitats que els estudiants, organitzats en grups, planificaven a l'inici de l'assignatura (SAE inicial), i que posteriorment analitzaven i revisaven, procés que conduïa a l'elaboració d'una nova seqüència (SAE final).

Per a l'anàlisi dels perfils d'activitat científica escolar ens hem centrat en la presència de cinc aspectes en les seqüències d'activitats planificades pels estudiants: els tipus de tasques, els productes d'activitat científica, el rol dels alumnes, l'estructura global de la seqüència i els patrons d'activitat científica. L'anàlisi s'ha fet de la mateixa manera per a les dues seqüències de cada cas d'estudi i això ha permès descriure l'evolució, és a dir, els canvis i les continuïtats que apareixen de l'una a l'altra. Acompanyem aquesta descripció dels canvis entre seqüències amb la identificació dels factors vinculats al coneixement i les creences didàctiques dels estudiants que considerem que han influït en el seu procés de planificació a cada moment.

Els resultats mostren que hi ha una certa varietat en els perfils d'ACE que apareixen a les diverses seqüències, i que en tots els casos estudiats es produeixen canvis entre una

seqüència i l'altra, que sempre impliquen una major riquesa en l'activitat científica escolar proposada en la seqüència final. El canvi més significatiu té a veure en l'atribució d'un rol més productiu als alumnes en el desenvolupament de les tasques proposades, i en una major atenció a les idees dels alumnes.

Amb tot, també hem detectat continuïtats entre una seqüència i l'altra, que fan que alguns elements del perfil d'ACE es mantinguin. Els elements que es mantenen són, sobretot, els que deriven més directament de les concepcions dels estudiants sobre la naturalesa de l'activitat científica, i que condicionen la manera com acaben implicant els alumnes en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències.

Tant la descripció dels perfils d'ACE com la identificació dels coneixements i creences didàctics que més influència tenen en les planificacions dels estudiants, permeten comprendre millor la capacitat de disseny pedagògic dels estudiants i, al mateix temps, ens han permès reflexionar sobre el disseny de la formació inicial de mestres per a l'ensenyament de les ciències.

Resumen

La tesis doctoral *Perfiles de actividad científica escolar en las planificaciones de estudiantes de maestro de Educación Primaria: Cambios y continuidades*, tiene la finalidad de describir y analizar la evolución temporal de los perfiles de actividad científica escolar que los estudiantes de maestro de Educación Primaria proponen cuando planifican secuencias de actividades de enseñanza al inicio y al final de una asignatura de didáctica de las ciencias. Pretendemos, así, contribuir a profundizar y ampliar el conocimiento sobre la capacidad de los estudiantes de maestro de planificar contextos de actividad científica escolar (ACE) para sus alumnos, porque consideramos que esta capacidad es uno de los componentes fundamentales del conocimiento didáctico para la enseñanza de las ciencias de los estudiantes, y de los maestros en general.

Metodológicamente, la investigación se ha planteado como un estudio de caso, y por ello se han utilizado los documentos que cuatro grupos de estudiantes, los cuatro casos de estudio, han generado como resultado de diversas tareas propuestas a lo largo de la asignatura de Ciencias naturales y su didáctica de la diplomatura de Maestro de Educación Primaria. La fuente primaria de datos proviene de los documentos que contienen las secuencias de actividades que los estudiantes, organizados en grupos, planificaban al inicio de la asignatura (SAE inicial), y que posteriormente analizaban y revisaban, proceso que conducía a la elaboración de una nueva secuencia (SAE final).

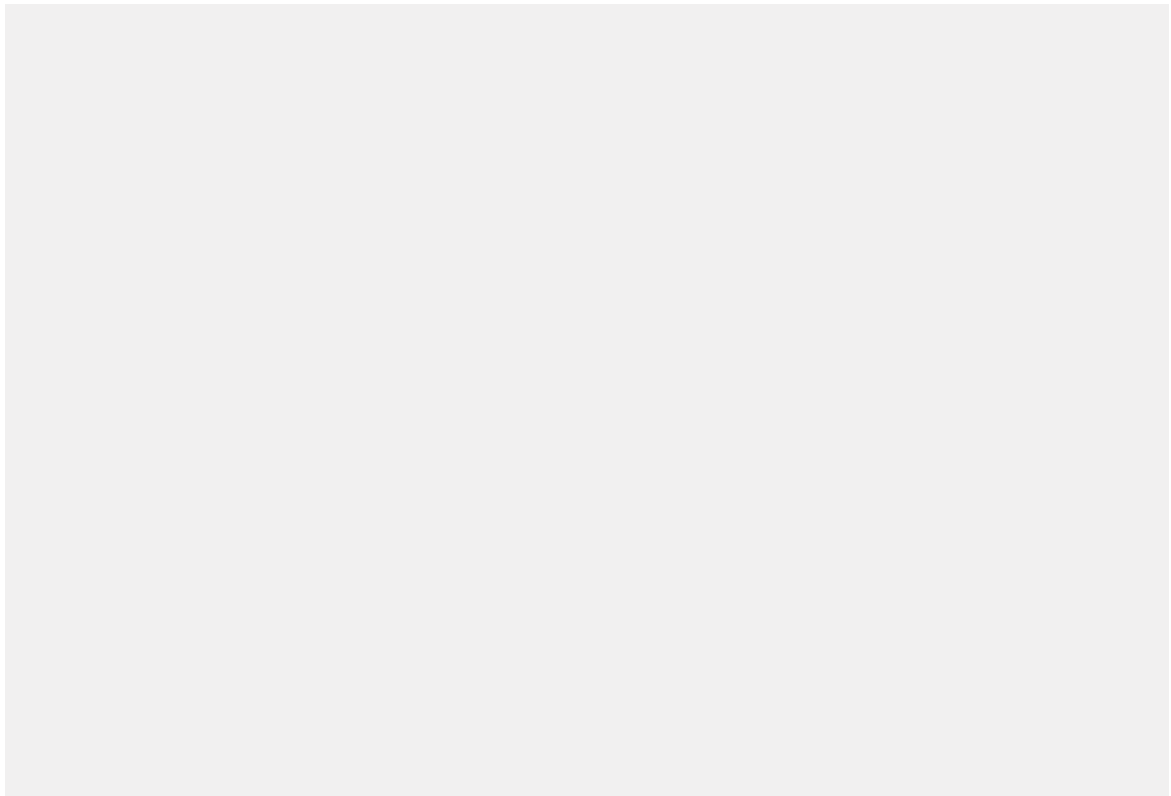
Para el análisis de los perfiles de actividad científica escolar nos hemos centrado en la presencia de cinco aspectos en las secuencias de actividades planificadas por los estudiantes: los tipos de tareas, los productos de actividad científica, el rol de los alumnos, la estructura global de la secuencia y los patrones de actividad científica. El análisis se ha hecho de la misma manera para las dos secuencias y para cada caso de estudio, lo cual ha permitido describir la evolución, es decir, los cambios y las continuidades que aparecen de una a otra secuencia.

Acompañamos esta descripción de los cambios entre secuencias, con la identificación de los factores vinculados al conocimiento y las creencias didácticas de los estudiantes que consideramos que más han influido en el proceso de planificación.

Los resultados muestran que hay una cierta variedad en los perfiles de ACE que aparecen en las diversas secuencias, y que en todos los casos estudiados se producen cambios entre una secuencia y la otra. Estos cambios siempre implican una mayor riqueza en la actividad científica escolar propuesta en la secuencia final, respecto a la que se proponía en la secuencia inicial. El cambio más significativo tiene que ver con la atribución de un rol más productivo a los alumnos en el desarrollo de las tareas propuestas y, más concretamente, con una mayor atención a las ideas de los alumnos.

También se han detectado continuidades entre una secuencia y la otra, que hacen que algunos elementos del perfil de ACE se mantengan. Los elementos que mayoritariamente se mantienen son, sobre todo, los que derivan más directamente de las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la actividad científica, y que condicionan la forma en que los acaban implicando a los alumnos en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Tanto la descripción de los perfiles de ACE, como la identificación de los conocimientos y creencias didácticos que más influencia tienen en las planificaciones de los estudiantes, permiten comprender mejor la capacidad de diseño pedagógico de los estudiantes y, al mismo tiempo, permiten reflexionar sobre el diseño de la formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias.



Abstract

The main aim of the doctoral thesis entitled “Scientific activity profiles in elementary preservice teachers' lesson plans. Changes and continuities” is to describe and analyze the evolution of the scientific school activity (SSA) profiles that primary education preservice teachers propose at the beginning and at the end of a science methods course. We expect to contribute to increase the knowledge about the capacity of preservice teachers to plan SSA contexts for primary pupils, since we consider that this capacity is one of the essential components of pedagogical content knowledge required for preservice teachers (and for teachers in general) to teach science correctly.

Methodologically, the research has been designed as a case study, so we have analyzed the documents that four student groups (the four study cases) had created as a result of varied assignments proposed at a science education teacher program. As primary data source for the study we have used the documents that contain teaching sequences planned by the students. Organized in groups, the students had planned a teaching sequence at the beginning of the subject (initial plan), which they have been analyzed and revised afterwards in a process that resulted in the creation of a new lesson plan sequence (final plan).

In particular, we have focused on the presence of five aspects in the lesson sequences planned by the students to analyze the scientific school activity profiles: types of assignments, results of the scientific activity, roles carried out by children, global structure of the sequence and scientific activity patterns. The analysis has been done equally for both initial and final sequences in every study case and this has allowed us to describe the changes and the continuities which appears in one or another sequence. We accompany this description of the changes between sequences with the identification of factors linked to the knowledge and beliefs of students that we suspect have influenced its planning process. The results show a diversity in the SSA profiles that appear in the different sequences, and changes between initial and final SSA were observed in all studied cases. These changes always implied a greater richness in the scientific school activity proposed in the final lesson plan sequence.

In particular, the most significant change observed is related to the attribution of a more productive role for children in the carrying out of the assignments proposed, and in a greater attention to their scientific ideas. Nevertheless, we also have detected some continuity between one and other sequence, resulting in the maintenance of some characteristic elements of the SSA profile. Primarily, invariable elements are the ones that derive more directly from the preservice teachers conceptions about the characteristics of the scientific activity itself.

In conclusion, both the description of the SSA profiles and the identification of the pedagogical knowledge and beliefs that influenced the planning of the preservice teachers, have let us to a better understanding of the pedagogic design capacity of preservice teachers and, at the same time, have allowed us to reflect about the design of teacher training programs in science education.

Índex de continguts

CAPÍTOL 1. MOTIVACIONS PERSONALS I ESTRUCTURA DEL TREBALL	1
1.1. MOTIVACIONS PERSONALS	1
1.2. ESTRUCTURA DEL TREBALL.....	3
CAPÍTOL 2. JUSTIFICACIÓ DE LA RECERCA	5
CAPÍTOL 3. FINALITAT, OBJECTIUS I PREGUNTES QUE ORIENTEN LA RECERCA	11
3.1 FINALITAT.....	11
3.2. OBJECTIUS I PREGUNTES DE RECERCA	12
CAPÍTOL 4. CIÈNCIA ESCOLAR I ACTIVITAT CIENTÍFICA ESCOLAR	17
4.1. CIÈNCIA ESCOLAR I ACTIVITAT CIENTÍFICA ESCOLAR. DEFINICIONS.	18
4.2. EL DESENVOLUPAMENT DEL PENSAMENT CIENTÍFIC COM A FINALITAT DE L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES	21
4.3. FONAMENTACIÓ EPISTEMOLÒGICA DE LA CIÈNCIA ESCOLAR.....	26
4.4. FONAMENTACIÓ PSICOLÒGICA DE LA CIÈNCIA ESCOLAR.....	29
4.4.1. RESULTATS DE LA INVESTIGACIÓ SOBRE ELS CONEIXEMENTS CIENTÍFICS DELS ALUMNES	32
4.4.2. RESULTATS DE LA RECERCA SOBRE LES HABILITATS D'INVESTIGACIÓ I SOBRE EL RAONAMENT CIENTÍFIC DELS ALUMNES	40
4.4.3. RESULTATS DE LA INVESTIGACIÓ SOBRE ELS APRENTATGES DE CARÀCTER EPISTEMOLÒGIC	47
4.5. UNA PROPOSTA D'ACTIVITAT CIENTÍFICA ESCOLAR PER A L'EDUCACIÓ PRIMÀRIA.....	49
4.5.1. ÀMBITS D'ACTUACIÓ EN L'ACTIVITAT CIENTÍFICA ESCOLAR	49
4.5.2. PRÀCTIQUES I PRODUCTES CIENTÍFICS EN L'ÀMBIT DE LES DADES I ELS FETS.	53
4.5.2. PRÀCTIQUES I PRODUCTES CIENTÍFICS EN L'ÀMBIT DE LES IDEES, ELS MODELS I LES EXPLICACIONS.....	55
4.3.3 EL ROL DELS ALUMNES EN L'ACÉ I LES CONCEPCIONS SOBRE L'APRENTATGE	59
CAPÍTOL 5. MARCS DE REFERÈNCIA PER A LA PLANIFICACIÓ EN CIÈNCIES	63
5.1.LA IMPORTÀNCIA DELS MARCS DE REFERÈNCIA PER A LA PLANIFICACIÓ	63
5.2.EVOLUCIÓ DELS MARCS DE REFERÈNCIA PER A LA PLANIFICACIÓ EN CIÈNCIES	64
5.3.LA COHERÈNCIA I LA CONTINUÏTAT EN UNA SAE.....	71
5.4. ELS PATRONS D'ACTIVITAT CIENTÍFICA D'UNA SAE	73
CAPÍTOL 6. CONEIXEMENT DIDÀCTIC PER A L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES (CDEC)	75
6.1. EL CONEIXEMENT DIDÀCTIC PER A L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES	76
6.2. EL PAPER CLAU DE LES ORIENTACIONS EN EL CDEC	79
6.3. FACTORS QUE INFLUEIXEN EN LA PLANIFICACIÓ D'UNA SAE	82
6.3.1. CONCEPCIONS I CREENCES SOBRE L'ENSENYAMENT I L'APRENTATGE DE LES CIÈNCIES	84
6.3.2. ELS MATERIALS CURRICULARS COM A MEDIADORS.....	87
6.3.3. L'EXPERIÈNCIA PERSONAL COM A ESTUDIANT DE CIÈNCIES COM A MEDIADOR	88
6.3.4 LA REFLEXIÓ SOBRE LA PRÒPIA PRÀCTICA COM A ELEMENT MEDIADOR.....	89
6.4. EVOLUCIÓ DEL CDEC.....	90
CAPÍTOL 7. ENFOCAMENT METODOLÒGIC	95

7.1. UNA RECERCA SITUADA EN EL MARC DEL PARADIGMA INTERPRETATIU	95
7.2. L'ESTUDI DE CASOS	96
CAPÍTOL 8. DISSENY DE LA INVESTIGACIÓ	99
8.1. CONTEXT DE LA RECOLLIDA DE DADES	99
8.2. DINÀMICA DE L'ASSIGNATURA I VINCULACIÓ AMB EL PRESENT TREBALL	100
8.2.1. FASE I: QÜESTIONARI I ELABORACIÓ DE LA SAE INICIAL	101
8.2.2. FASES II: INTERVENCIÓ AL FÒRUM	105
8.2.3. FASE III. INTRODUCCIÓ DE CONTINGUTS DIDÀCTICS	105
8.2.4. FASE IV. ANÀLISI DE LA SAE INICIAL	106
8.2.5. FASE V: ELABORACIÓ DE LA SAE FINAL	110
8.3. ESTRATÈGIES DE RECOLLIDA DE DADES	110
8.4. PARTICIPANTS	111
8.5. ANÀLISI DE LES DADES	113
8.5.1. L'ANÀLISI DE CONTINGUTS COM A ESTRATÈGIA D'ANÀLISI	113
8.5.2. ANÀLISI DE LES SAE. ELS EPISODIS D'ACTIVITAT	114
8.5.3 ANÀLISI DE LES TASQUES PRESENTS A LES SAE	117
8.5.4. ANÀLISI DELS PRODUCTES D'ACTIVITAT CIENTÍFICA PRESENTS A LES SAE	120
8.5.5. ANÀLISI DEL ROL DELS ALUMNES A LES SAE	130
8.5.6. ANÀLISI DE L'ESTRUCTURA GENERAL I DELS PATRONS D'ACTIVITAT CIENTÍFICA IDENTIFICATS A LES SAE	134
8.5.7. ANÀLISI DELS ELEMENTS MEDIADORS QUE INFLUEIXEN EN ELS PERFILS D'ACE	142
CAPÍTOL 9. RESULTATS I DISCUSSIÓ	147
9.1. ESTRUCTURA DEL CAPÍTOL	147
9.2. RESULTATS I DISCUSSIÓ DEL CAS 1	149
9.2.1. CARACTERITZACIÓ GENERAL DEL CAS 1	149
9.2.2. SINOPSI DE LA SAE INICIAL I DE LA SAE FINAL DEL CAS 1	157
9.2.3. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS TIPUS DE TASQUES	162
9.2.4. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS PRODUCTES D'ACTIVITAT CIENTÍFICA I EN EL ROL DELS ALUMNES	167
9.2.5. CANVIS I CONTINUÏTATS EN L'ESTRUCTURA I ELS PATRONS D'ACTIVITAT CIENTÍFICA	172
9.2.6. ELEMENTS MEDIADORS I PLANIFICACIÓ DE LES SAE	179
9.3. RESULTATS I DISCUSSIÓ DEL CAS 2	197
9.3.1. CARACTERITZACIÓ GENERAL DEL CAS 2	197
9.3.2. SINOPSI DE LA SAE INICIAL I DE LA SAE FINAL DEL CAS 2	203
9.3.3. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS TIPUS DE TASQUES	207
9.3.4. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS PRODUCTES D'ACTIVITAT CIENTÍFICA I EN EL ROL DELS ALUMNES	211
9.3.5. CANVIS I CONTINUÏTATS EN L'ESTRUCTURA I ELS PATRONS D'ACTIVITAT CIENTÍFICA	215
9.3.6. ELEMENTS MEDIADORS I PLANIFICACIÓ DE LES SAE	221
9.4. RESULTATS I DISCUSSIÓ DEL CAS 3	233
9.4.1. CARACTERITZACIÓ GENERAL DEL CAS 3	233
9.4.2. SINOPSI DE LA SAE INICIAL I DE LA SAE FINAL DEL CAS 3	241
9.4.3. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS TIPUS DE TASQUES	246
9.4.4. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS PRODUCTES D'ACTIVITAT CIENTÍFICA I EN EL ROL DELS ALUMNES	251
9.4.5. CANVIS I CONTINUÏTATS EN L'ESTRUCTURA I ELS PATRONS D'ACTIVITAT CIENTÍFICA	255
9.4.6. ELEMENTS MEDIADORS I PLANIFICACIÓ DE LES SAE	262
9.5. RESULTATS I DISCUSSIÓ DEL CAS 4	273
9.5.1. CARACTERITZACIÓ GENERAL DEL CAS 4	273
9.5.2. SINOPSI DE LA SAE INICIAL I DE LA SAE FINAL DEL CAS 4	281
9.5.3. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS TIPUS DE TASQUES	291
9.5.4. CANVIS I CONTINUÏTATS EN ELS PRODUCTES D'ACTIVITAT CIENTÍFICA I EN EL ROL DELS ALUMNES	296

9.5.5. CANVIS I CONTINUÏTATS EN L'ESTRUCTURA I ELS PATRONS D'ACTIVITAT CIENTÍFICA	300
9.5.6. ELEMENTS MEDIADORS I PLANIFICACIÓ DE LA SAE	310
9.6. TENDÈNCIES GENERALS EN L'EVOLUCIÓ DELS PERFILS D'ACE	319
9.6.1. TENDÈNCIES EN RELACIÓ ALS TIPUS DE TASQUES SELECCIONADES	319
9.6.2. TENDÈNCIES EN RELACIÓ ALS PRODUCTES D'ACTIVITAT CIENTÍFICA.....	321
9.6.3 TENDÈNCIES EN RELACIÓ AL ROL DELS ALUMNES	323
9.6.4. TENDÈNCIES EN L'ESTRUCTURA I ELS PATRONS D'ACTIVITAT CIENTÍFICA.....	325
CAPÍTOL 10. CONCLUSIONS I IMPLICACIONS DE LA RECERCA.....	331
10.1 LIMITACIONS DE LA RECERCA.....	331
10.2 CONCLUSIONS	332
10.3 IMPLICACIONS DE LA RECERCA.....	347
10.3.1. IMPLICACIONS PER A FUTURES RECERQUES	348
10.3.2 IMPLICACIONS PER A LA FORMACIÓ INICIAL DELS MESTRES	349
BIBLIOGRAFIA	353
ÍNDEX DE TAULES I FIGURES.....	370
INDEX DE TAULES.....	370
ÍNDEX DE FIGURES	372
ANNEXOS.....	375

PART I

Presentació de la recerca

Capítol 1. Motivacions personals i estructura del treball

1.1. Motivacions personals

Ensenyar ciències a nens i nenes de 6 a 12 anys no és fàcil, i aprendre a ensenyar-ne tampoc. Per a un docent¹ de qualsevol etapa, aprendre a ensenyar ciències és un procés complex que comporta, com a mínim, la revisió dels propis coneixements i creences, la revisió de les pròpies experiències d'aprenentatge de les ciències, l'adquisició i integració de nous coneixements, la possibilitat d'experimentar noves formes d'ensenyar, l'habilitat de reflexionar sobre la pròpia pràctica i la dels altres, la capacitat d'usar de manera crítica els materials curriculars disponibles, la comprensió dels alumnes en relació als processos d'aprenentatge de les ciències, l'increment de la confiança en el propi coneixement i les pròpies capacitats per ensenyar ciències i l'ús conscient del nou coneixement didàctic adquirit en la planificació i la intervenció a l'aula. Sense cap mena de dubte la formació del professorat per a l'ensenyament de les ciències, especialment la dels mestres de primària, planteja molts reptes i, per això mateix, és un àmbit d'investigació molt actiu (Abell & Lederman, 2007; Davis, Petish, Smithey, 2006).

Des de ja fa més de quinze anys la meva tasca professional està vinculada a la formació de mestres d'infantil i primària per a l'ensenyament de les ciències, sobretot durant el període de formació inicial però també en diverses modalitats de formació permanent (assessoraments,

¹ En aquest treball usem els termes *docent* o *professorat* per referir-nos indistintament als professors de primària i secundària, *mestre* per referir-nos als docents de primària, i *professor* per als docents de secundària. Per referir-nos als estudiants de magisteri usem el terme genèric *estudiants*. Finalment, per referir-nos als nens i nenes de primària usem el terme *alumnes*.

cursos, seminaris, jornades, etc.). De seguida em vaig convèncer que era imprescindible comprendre molt millor què suposa aprendre a ensenyar ciències i, en conseqüència, què implica ensenyar a ensenyar ciències. Em calia entendre més bé quins eren els coneixements i les habilitats que els mestres necessiten per ensenyar ciències, quines dificultats podien tenir per adquirir-los, i de quina manera el període de formació inicial podia contribuir a desenvolupar-los. A la vegada, em calia conèixer millor els estudiants de mestre, els seus coneixements, les seves habilitats, els seus interessos i els seus temors.

M'agradaria remarcar que la majoria dels que treballem en la formació inicial de mestres, no hem rebut una formació específica per a aquesta tasca, i hem anat construint autònomament els nostres models d'ensenyar a ensenyar, essent aquesta una realitat generalitzada arreu del món (Abell, Appleton, & Hanuscin, 2010; Abell, Rogers, Hanuscin, Lee, & Gagnon, 2008). Això comporta que, igual com coexisteixen diversos models de fer ciència a les escoles, també coexisteixen models diversos de formació inicial dels mestres per a l'ensenyament de les ciències a les diferents universitats.

El treball de recerca que vaig elaborar en el marc del Programa de Doctorat en didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals del Dpt. de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona (Martí, 2002), ja es va situar en aquesta perspectiva, i va permetre introduir-me en la comprensió del desenvolupament del coneixement professional per a l'ensenyament de les ciències, familiaritzar-me amb alguns dels estudis disponibles fins aquell moment, i assajar alguns instruments de recollida i anàlisi de dades. En aquell treball ja vaig utilitzar les seqüències d'activitats d'ensenyament (SAE) que planificaven els estudiants com a font de dades, i vaig poder constatar la presència d'algunes característiques comunes tant en el tipus d'activitats seleccionades com en les formes d'estructurar-les i seqüenciar-les.

El treball d'investigació que ara presentem és hereu d'aquella primera recerca i, a més a més, és deutor d'un llarg període d'aprenentatge i de reflexió personal. Durant els més de deu anys que han transcorregut des d'aleshores, he compaginat l'elaboració del present treball i el desenvolupament habitual de la meua tasca professional, la qual cosa m'ha permès combinar

la investigació, amb la reflexió i l'experiència directa que deriva de la pràctica professional diària. Considero que això ha estat molt positiu, tot i que també ha comportat alguns inconvenients, dels quals en destacaria sobretot el poc temps disponible per dedicar a la recerca i, en conseqüència, la lentitud en l'elaboració de la investigació que ara finalment puc presentar. Malgrat tot, crec que aquest temps tant dilatat m'ha permès adquirir un bagatge de coneixement i experiència molt més ampli sobre el conjunt de problemes que emmarquen el present treball, que em permet apreciar-ne molt millor les virtuts i, sobretot, les limitacions.

Els meus interessos en la recerca i la meva activitat professional són coincidents, i això ha permès una retroalimentació contínua que, en última instància, m'ha suposat un enriquiment com a formador de mestres. Curs rere curs, he pogut constatar la presència d'un conjunt similar de dificultats que han d'afrontar els estudiants de mestre quan es disposen a aprendre a ensenyar ciències, i també he pogut comprovar els punts forts i els punts febles d'algunes de les estratègies formatives, o de les activitats específiques, que tant jo mateix com els meus companys hem anat aplicant d'ençà del període específic de recollida de dades del present treball que va ser el curs 2008-2009.

La investigació que presento, per tant, és un pas més d'un camí que he anat recorrent des de que vaig començar a donar classes de didàctica de les ciències a futurs mestres de primària, i que m'ha de permetre comprendre millor els estudiants de mestre, m'ha de servir per millorar la formació dels mestres de primària a la meua universitat (la Universitat de Vic) i, a més a més, vol contribuir a la recerca general en aquest àmbit.

1.2. Estructura del treball

El present treball l'hem dividit en quatre parts. La primera part, correspon als capítols 1 a 3, i serveix per presentar la recerca. Al capítol 1, *Motivacions personals i estructura del treball*, hi apareixen les motivacions personals que han empès la realització de la present investigació i l'estructura del treball escrit. Al capítol 2, *Justificació de la recerca*, es presenta i es justifica la investigació que s'ha portat a terme. Al capítol 3, *Finalitats, objectius i preguntes de*

recerca, es descriu la finalitat general de la recerca, s'identifiquen els objectius generals i específics, i s'expliciten les preguntes de recerca que s'hi vinculen.

A la segona part s'exposa el marc teòric de referència i correspon als capítols 4 a 6. Al capítol 4, *Ciència escolar i activitat científica escolar*, es situa el model de ciència escolar que hem adoptat com a referència en aquest treball i es descriu el model d'activitat científica escolar que se'n deriva. El capítol 5, *Marc de referència per a la planificació en ciències*, serveix per plantejar l'evolució de diversos models de seqüenciació de les activitats en ciències i diversos conceptes útils per al disseny i planificació de seqüències d'activitats. El capítol 6, *Coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències (CDec)*, és el darrer capítol d'aquest apartat i serveix per presentar el conjunt de coneixements que conformen el coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències i per identificar les estratègies i processos que afavoreixen el seu desenvolupament.

La tercera part correspon a la investigació pròpiament dita i inclou els capítols 7 a 9. El capítol 7, *Enfocament metodològic*, descriu el marc metodològic on s'ubica la present investigació. El capítol 8, *Disseny de la investigació*, descriu tot el procés de recollida i anàlisi de dades. Finalment, el capítol 9, *Resultats i discussió*, presenta i discuteix els resultats, organitzats per casos d'estudi. Els resultats presentats responen als objectius específics i les preguntes de recerca formulades al capítol 3.

La quarta, i última part, consta de dos capítols. Al capítol 10, *Conclusions*, es presenten les conclusions de la recerca, que responen als objectius generals que s'han formulat al capítol 3. El capítol 11, *Implicacions de la recerca*, clou la investigació i serveix per exposar les limitacions de la recerca, les seves implicacions i les noves preguntes de recerca que se'n deriven

Finalment s'inclou la bibliografia consultada i citada al llarg del treball. Acompanya el treball un CD amb els annexos citats al text, que contenen les dades i els resums de les anàlisis.

Capítol 2. Justificació de la recerca

És àmpliament reconegut el paper fonamental que una bona educació científica a les primeres edats té en l'adquisició de la competència científica. També hi ha un ampli consens en el fet de defensar que, per a totes les etapes educatives, els models d'ensenyament de les ciències basats en la investigació² (ECBI) (*inquiry-based science education*, IBSE) són els que millor poden conduir a l'adquisició d'aquesta competència (COSCE, 2011; Harlen, 2000; NRC, 2000, 2007; Osborne & Dillon, 2008; Pujol, 2003; Rocard, 2007). Si bé aquesta afirmació es pot assumir de manera general, apareixen molts interrogants sobre la implementació real dels models ECBI (Anderson, 2002; Couso, 2007), de manera que ens podem plantejar: es tracta d'un model d'ensenyament realment efectiu? per a quins objectius (aprendre ciència, aprendre sobre la ciència, aprendre a fer ciència, generar actituds positives cap a la ciència) és més efectiu? és un model d'ensenyament generalitzable a totes les escoles i útil per a tots els alumnes? quines dificultats i barreres cal superar i, sobretot, quines dificultats apareixen quan s'usen models d'ECBI? Com es pot ajudar els mestres (estudiants o mestres en exercici) a usar adequadament models d'ECBI?

Prèviament a totes les preguntes anteriors, però, n'apareix una d'encara més fonamental: què és exactament l'ensenyament de les ciències basat en la investigació? Què caracteritza, i distingeix, aquest model d'altres models d'ensenyament de les ciències? Tal com repetidament s'ha assenyalat, el concepte *d'ensenyament de les ciències basat en la investigació* és molt polisèmic (Anderson, 2002; Duschl & Grandy, 2008; Flick & Lederman, 2006), de manera que hi ha moltes propostes d'activitat científica escolar que es situen sota l'epígraf general d'ensenyament basat en la investigació. Sens dubte, això suposa un

² Usem el terme investigació com a traducció de *inquiry*, en lloc d'indagació com fan altres autors (Simarro et al., 2013), perquè considerem que investigació és el terme més habitualment utilitzat entre els mestres i, per tant, el més comprensible.

problema tant per a la recerca (Couso, 2007; Navarro, 2009), com per a l'aprenentatge d'aquests models d'ensenyament de les ciències entre els mestres. Tot plegat posa de manifest que cal una descripció operativa dels models d'ECBI, basada en la identificació d'una sèrie de característiques necessàries i suficients, que permeti als mestres i formadors de mestres identificar i avaluar les propostes d'ECBI a l'aula, o en els materials curriculars, i que també permeti als formadors de mestres actuar per promoure aquest model d'ensenyament entre els docents. La descripció dels perfils d'activitat científica que fem en aquest treball, s'alinea amb aquesta preocupació.

Recentment, a més a més, s'ha fet encara més complex aquest panorama amb la inclusió de la modelització com una pràctica científica fonamental, de manera que ara mateix ja hauríem de parlar de models d'ensenyament de les ciències basats en la investigació i la modelització (Couso, 2007; Gilbert, 2011; Kenyon, Schwarz, & Hug, 2008).

La recerca també ha posat clarament de manifest l'enorme repte que suposa per als mestres orientar la seva acció educativa en l'àmbit de l'ensenyament de les ciències cap a models basats en la investigació i la modelització dels alumnes (Davis et al., 2006; Mikeska, Anderson, & Schwarz, 2009). Tot i que hi ha múltiples causes que contribueixen a explicar les dificultats que experimenten els mestres, és evident que el coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències (CDec) que els mestres i els estudiants de mestre progressivament van construir hi juga un paper fonamental. Així doncs, el disseny de programes de formació inicial que tinguin per objectiu promoure entre els estudiants de mestre l'adquisició de models d'ensenyament de les ciències basats en la investigació i la modelització esdevé una necessitat, però, a la vegada, esdevé un repte molt important per als formadors de mestres (Abell et al., 2010; Martínez Chico, 2013; Mikeska et al., 2009).

Perquè el disseny de programes formatius tingui unes certes garanties d'èxit, tenint en compte que el temps de formació és limitat i que la ciència no és l'únic que els mestres han d'aprendre a ensenyar, és molt importat que els formadors coneguin bé quins són els coneixements, creences, valors, actituds i pràctiques més habituals entre els estudiants de mestre, i com tots aquests elements canvien (o es mantenen) com a resultat d'un programa de formació o de l'experiència professional. En el present treball ens interessem especialment

pels tipus d'activitat científica escolar que els estudiants de mestre proposen quan planifiquen seqüències d'activitats per portar a terme amb un determinat grup d'alumnes, i com aquests tipus d'activitat científica escolar canvien, o es mantenen, en el temps.

Entre la comunitat d'investigadors, cada cop s'ha anat generant un major interès per estudiar les seqüències d'activitats que els estudiants de mestre planifiquen durant el seu període de formació (Davis, Beyer, Forbes, & Stevens, 2011; Gunckel, 2013; Schwarz, 2009; Zembal-Saul, 2009).

Això ha permès detectar l'existència de tota una sèrie d'elements mediadors que condicionen la capacitat de disseny pedagògic dels estudiants (Davis, Beyer, Forbes & Stevens, 2011; Davis & Smithey, 2009), perquè influeixen en les activitats (quines seleccionen i com les situen en una seqüència) que els estudiants incorporen a les seves planificacions (Gunckel, 2011), entre els quals destaquen: (i) els coneixements i creences que els estudiants tenen sobre la ciència, sobre les capacitats dels alumnes de primària, i sobre els processos d'ensenyament-aprenentatge de les ciències (Bryan & Abell, 1999; Bryan, 2003, 2012; Pajares, 1992);; (ii) el conjunt de les experiències viscudes com a alumnes de ciències (Avraamidou, 2013), i (iii) els enfocaments didàctics dels materials curriculars que tenen disponibles i que usen com a referents per a les seves planificacions (Beyer & Davis, 2012; Forbes & Davis, 2008). Altres autors han anat més enllà de la dimensió purament cognitiva i han destacat també el paper de la dimensió afectiva en el procés d'aprendre a ensenyar ciències (Mellado, Garritz & Brígido, 2009).

La investigació que presentem té com a objecte d'estudi les seqüències d'activitats planificades per estudiants de mestre d'educació primària i fa una proposta de descripció i caracterització dels tipus d'activitat científica escolar que els estudiants de mestre proposen als seus alumnes. Considerem necessària aquesta orientació descriptiva perquè volem contribuir a clarificar els models d'activitat científica escolar que els estudiants de mestre proposen en les seves planificacions, aspecte que creiem que no han estat massa estudiat fins ara.

En la revisió que fan Davis, Petish & Smithey (2006b), els autors identifiquen 19 treballs (39,6%), publicats entre 1993 i 2004 a les principals revistes internacionals de didàctica de les

ciències, sobre el tema *comprendre la instrucció* que estudien els docents d'educació primària (majoritàriament impliquen a estudiants de mestre, i no tant a mestres en exercici), en contraposició als 25 (52,1%) dirigits als docents d'educació secundària. Al seu torn, els 19 treballs que els autors situen en la categoria de *comprendre la instrucció* i que impliquen a estudiants o a mestres, es reparteixen en diverses temàtiques: (i) estudis que caracteritzen els coneixements i creences dels mestres sobre l'ensenyament de les ciències, (ii) estudis que analitzen les interaccions entre els coneixements i creences sobre la ciència i els coneixements sobre l'ensenyament de les ciències, (iii) estudis que descriuen diversos components del coneixement didàctic del contingut directament vinculats a la instrucció i, finalment, (iv) estudis que descriuen la pràctica (planificació i implementació a l'aula) i la seva relació amb els coneixements i creences dels mestres. Situem el present treball en aquest darrer grup temàtic.

Quant a l'obtenció de dades, la revisió que hem fet dels estudis publicats, ens ha permès detectar una baixa freqüència d'investigacions centrades en la fase de planificació del procés d'ensenyament-aprenentatge usant les seqüències d'activitats dissenyades pels estudiants de mestre com a font principal de dades. En comparació, el nombre d'estudis que analitzen les creences i coneixements dels mestres usant entrevistes o qüestionaris com a instruments de recollida de dades, són molt més freqüents. Tot i ser manifestament útils i necessaris per a la recerca, aquest segon tipus de treballs estan més descontextualitzats de la pròpia tasca docent. Altres estudis, encara, s'han centrat en l'observació i interpretació de l'actuació a l'aula dels estudiants de mestre durant els períodes de pràctiques, o han combinat diverses fonts d'obtenció de dades. Aquesta àmplia diversitat de dissenys i contextos de recerca s'ha d'entendre com a molt positiva, perquè la pròpia recerca ha posat de manifest l'aparició de certes discrepàncies o incoherències en els resultats, que podrien ser explicades pel caràcter situat i contextual dels processos d'ensenyament i aprenentatge.

Així doncs, en el present treball hem optat per centrar-nos en l'anàlisi de les planificacions de seqüències d'activitats d'ensenyament (a les quals ens referim com a SAE) per part dels estudiants de mestre (Méheut & Psillos, 2004). L'elaboració i revisió de SAE és una estratègia usada en els processos de formació dels estudiants de mestre, però també pot esdevenir una font primària de dades per a la recerca.

L'anàlisi de les SAE ens serveix per caracteritzar els tipus d'activitat científica escolar que els estudiants proposarien als seus alumnes i que són fruit d'un conjunt de creences i coneixements que formen part del coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències que els estudiants tenen disponible en un determinat moment del seu període formatiu.

Altres investigadors també han usat les planificacions dels estudiants com a activitat formativa i al mateix temps com a instrument d'obtenció de dades per a la recerca, però en moltes ocasions les dades que els autors realment analitzen no provenen del conjunt de la seqüència d'activitats sinó de lliçons aïllades (*lesson plans*) o seleccionades per algun motiu (Jacobs, Martin, & Otieno, 2008; Van Der Valk & Broekman, 1999). Sigui com sigui, les SAE s'han reivindicat com un producte en el qual s'integren molts dels components que conformen el coneixement didàctic dels docents (Blumenfeld, Hicks, & Krajcik, 1996; Pro, 1999) i, per tant, això les converteix en una bona font d'informació sobre el pensament dels docents, perquè s'hi reflecteixen llurs habilitats de disseny pedagògic.

Justifiquem el fet d'haver escollit l'anàlisi de les SAE planificades pels estudiants en base a dos arguments principals. Un primer argument és que la planificació, avaluació i revisió de SAE és una de les tasques que els futurs mestres hauran de portar a terme com a professionals. Un segon argument respon al fet de considerar que la planificació d'una SAE i la seva implementació a l'aula representen, en realitat, dos contextos diferents en què el coneixement didàctic dels mestres es mobilitza de maneres diferents, de forma que ens aporten informació diferent, que pot ser útil a objectius diversos.

A més a més dels anteriorment exposats, volem afegir dos arguments més que tenen un caràcter més pragmàtic: en primer lloc i tal com he exposat anteriorment, l'ús que ja vam fer en el treball de recerca del programa de Doctorat en Didàctica de les Ciències i les Matemàtiques, de les seqüències d'activitats, i la voluntat, expressada en aquell treball, d'explorar més a fons les possibilitats d'obtenció de dades a partir d'aquest instrument (Martí, 2002). En segon lloc, el fet que el pla d'estudis de la universitat on s'ha portat a terme la recerca fa inviàbil que l'experiència docent del pràcticum es vinculi a l'àrea de ciències per a tots els estudiants, la qual cosa no fa possible analitzar a la vegada les fases de planificació i

d'acció, tal com han realitzat altres autors (Mellado, Blanco, & Ruiz, 1998; Zembal-Saul, Blumenfeld, & Krajcik, 2000).

Malgrat les dades analitzades provenen de l'actuació dels estudiants en el marc d'un programa formatiu, i en dos moments diferents del desenvolupament d'aquest programa, no pretenem analitzar l'eficàcia del propi programa. Tot i això, sí que descriurem breument les característiques generals del programa formatiu i les activitats més significatives que es van proposar als estudiants, perquè considerem que les activitats formatives del programa són un context d'aprenentatge que actua com a mediador a l'hora d'explicar els canvis i/o les continuïtats en els perfils d'activitat científica escolar que apareixen entre les planificacions inicials i finals dels estudiants.

La caracterització dels perfils d'activitat científica escolar en les planificacions dels estudiants constitueix el nucli central de la nostra recerca i en aquest sentit considerem que una aportació rellevant, en contrast amb la majoria d'estudis similars, són les categories d'anàlisi utilitzades. Així, hem detectat molt poca recerca que descriu en detall i simultàniament (i) els tipus de tasques que els estudiants inclouen en les seves planificacions, (ii) els productes d'activitat científica a què condueixen les tasques proposades (iii) el rol que atribueixen als alumnes en el seu desenvolupament i, (iv) la forma d'organitzar les seqüències d'activitats, és a dir, l'estructura general de la seqüència i l'aparició d'uns o altres patrons d'activitat científica.

Meheut i Psillos consideren que els processos d'ensenyament-aprenentatge es poden: «investigar a un nivell micro (una sessió específica), a un nivell meso (una seqüència d'activitats) [o] a un nivell més macro, d'un currículum complet d'un o més anys» (Méheut & Psillos, 2004, p. 515). En aquest treball, hem optat per una anàlisi feta des d'una perspectiva *meso* i *micro* de les planificacions dels estudiants, perquè entenem que només aquest tipus d'anàlisi pot contribuir realment a una caracterització precisa de les múltiples formes que arriba a adoptar l'activitat científica escolar que es pretén desenvolupar a l'aula, la qual és un reflex de l'existència d'unes determinades orientacions cap a l'ensenyament de les ciències en els estudiants de mestre (Magnusson, Krajcik, & Borke, 1999; Smith & Anderson, 1984).

Capítol 3. Finalitat, objectius i preguntes que orienten la recerca

3.1 Finalitat

Tenint en compte el que s'ha exposat en la presentació de la recerca exposada al capítol anterior, la finalitat general que orienta la recerca és:

Descriure i analitzar l'evolució temporal dels perfils d'activitat científica escolar que els estudiants de mestre d'educació Primària proposen quan planifiquen seqüències d'activitat d'ensenyament a l'inici i al final d'una assignatura de didàctica de les ciències.

La investigació pretén contribuir a aprofundir i ampliar el coneixement sobre la capacitat dels estudiants de mestre de planificar contextos d'activitat científica escolar (ACE) per als seus alumnes. Considerem aquesta habilitat, com un component clau del coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències dels estudiants.

El fet d'analitzar les planificacions dels estudiants en dos moments diferents del seu període formatiu ens permet identificar els progressos que puguin haver fet els estudiants en llur habilitat de construir contextos d'ACE més rics.

3.2. Objectius i preguntes de recerca

D'acord amb la finalitat anterior, el treball es planteja els objectius generals i específics següents:

- **Objectiu general 1.** Caracteritzar els perfils d'activitat científica escolar (perfils d'ACE) que apareixen a les seqüències d'activitats planificades pels estudiants de mestre.
 - **Objectiu específic 1.1:** caracteritzar els perfils d'ACE a la SAE inicial.
 - **Objectiu específic 1.2:** caracteritzar els perfils d'ACE a la SAE final.
- **Objectiu general 2.** Identificar els canvis i continuïtats en els perfils d'ACE, entre la SAE inicial i la SAE final.
- **Objectiu general 3.** Identificar i caracteritzar els principals factors que expliquen els canvis i continuïtats observats en els perfils d'ACE.

Vinculades als objectius generals i específics anteriors, exposem a continuació les preguntes de recerca que orienten la present investigació.

En relació a l'objectiu general 1 i a l'objectiu específic 1.1, les preguntes de recerca³ són:

- ✓ **Pregunta 1.1.1:** Quin tipus de tasques vinculades a l'activitat científica introdueixen els estudiants en la planificació de la seva SAE inicial?
- ✓ **Pregunta 1.1.2:** Quins tipus de productes d'activitat científica apareixen a la SAE inicial?
- ✓ **Pregunta 1.1.3:** Quin rol s'atorga als alumnes en el desenvolupament de les tasques a la SAE inicial?
- ✓ **Pregunta 1.1.4:** Quina estructura general i quins patrons d'activitat científica escolar apareixen a la SAE inicial?

³ En la numeració de les preguntes, els dos primers dígits es relacionen amb l'objectiu específic i el tercer identifica cadascuna de les preguntes.

- ✓ **Pregunta 1.1.5:** Quin perfil d'ACE apareix a la SAE inicial?

En relació a l'objectiu general 1 i a l'objectiu específic 1.2, les preguntes de recerca³ són:

- ✓ **Pregunta 1.2.1:** Quin tipus de tasques vinculades a l'activitat científica introdueixen els estudiants en la planificació de la seva SAE final?
- ✓ **Pregunta 1.2.2:** Quins tipus de productes d'activitat científica apareixen a la SAE final?
- ✓ **Pregunta 1.2.3:** Quin rol s'atorga als alumnes en el desenvolupament de les tasques a la SAE final?
- ✓ **Pregunta 1.2.4:** Quina estructura general i quins patrons d'activitat científica escolar apareixen a la SAE final?
- ✓ **Pregunta 1.2.5:** Quin perfil d'ACE apareix a la SAE final?

En relació a l'objectiu general 2 la pregunta de recerca és la següent:

- ✓ **Pregunta 2:** Quins canvis i quines continuïtats s'identifiquen en les categories analitzades entre la SAE inicial i la SAE final?

En relació a l'objectiu general 3, les preguntes de recerca són les següents:

- ✓ **Pregunta 3.1:** Quins elements mediadors permeten explicar les característiques del perfil d'ACE de la SAE inicial, les característiques del perfil d'ACE de la SAE final i els canvis i continuïtats identificats entre l'una i l'altra?
- ✓ **Pregunta 3.2.** Es poden identificar algunes tendències comunes als perfils d'ACE en els diversos casos estudiats?

PART II

Marc teòric

En aquesta segona part del treball s'exposa el marc teòric (capítols 4 a 6) que ha guiat la investigació. S'hi desenvolupen tres referents.

El primer té a veure amb els models de ciència escolar i d'activitat científica escolar que s'han adoptat com a marcs de referència en el present treball, donat que l'element central de la nostra investigació són els perfils d'activitat científica escolar que els estudiants de mestre plantegen quan planifiquen una SAE (capítol 4).

El segon referent serveix per exposar les formes d'organitzar i seqüenciar les activitats que s'han proposat en l'àmbit de l'ensenyament de les ciències com a referència teòrica per a l'anàlisi de l'estructura general de les seqüències. També hi introduïm el concepte de *patró d'ACE* que ens servirà per descriure amb un major grau de detall l'activitat científica escolar que apareix en una seqüència d'activitats (capítol 5).

El tercer i últim capítol d'aquest apartat fa referència als coneixements didàctics i als elements mediadors que influeixen sobre la capacitat de disseny pedagògic dels estudiants de mestre (capítol 6). En aquest sentit ens servim de dos conceptes que considerem centrals a l'hora de reflexionar sobre aquesta capacitat. Per una banda, el concepte de coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències (CDec), fent referència especialment a un dels seus components: les orientacions cap a l'ensenyament de les ciències. Per altra banda, introduïm el concepte d'element mediador en la planificació, que ens portarà a parlar de la influència de les creences dels docents i dels materials curriculars, en la presa de decisions relacionada amb el procés de planificació d'activitats.

Finalment, també presentem el concepte de progressió d'aprenentatge aplicat a l'evolució del coneixement didàctic dels docents que ens serveix de referent a les implicacions educatives.

Capítol 4. Ciència escolar i activitat científica escolar

Tot programa de formació inicial de mestres per a l'ensenyament de les ciències ha de perseguir l'objectiu final de capacitar els estudiants perquè esdevinguin bons mestres novells (*well-started beginners*) (Mikeska et al., 2009), i això significa que durant la formació inicial, els estudiants han de ser capaços de (re)construir el seu coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències i aprendre a aplicar-lo a la planificació i el desenvolupament de propostes curriculars alineades amb les orientacions didàctiques contemporànies per a l'educació científica en aquesta etapa (Harlen, 2000; Krajcik & Czerniak, 2014; Martí, 2012; NRC, 2007, 2011; Pujol, 2003).

Tot model de formació inicial, tant en els seus objectius i continguts, com en les seves estratègies i activitats, ha de ser coherent amb el model de ciència escolar que pretén que els futurs mestres siguin capaços de promoure, perquè s'espera que els coneixements i les habilitats que els estudiants adquireixen durant el seu període de formació inicial, els capaciten per conduir l'aprenentatge dels alumnes d'acord a una determinada concepció de la ciència escolar i d'acord a uns determinats perfils d'activitat científica escolar.

En aquest capítol descrivim el model de ciència escolar que hem adoptat com a referent en el present treball i descrivim el tipus d'activitat científica escolar que considerem que s'hi alinea.

4.1. Ciència escolar i Activitat Científica Escolar. Definicions.

La *ciència escolar* és la ciència que es fa a l'escola, i malgrat no pot ser com la ciència dels científics, ha de ser ciència (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003; Izquierdo, Espinet, Garcia, Pujol, & Sanmartí, 1999). Izquierdo i Aliberas (2004, pp. 55–56) justifiquen que es parli de ciència escolar i consideren que:

«[la ciència escolar] és la [ciència] que l'alumne fa a l'escola. Naturalment, això no vol dir que qualsevol cosa que es faci a l'escola se'n pugui considerar. La definició anterior imposa dues condicions gens trivials a una activitat científica escolar perquè es pugui considerar com a tal: que sigui *ciència* i que realment la *faci l'alumne* (...) és imperatiu que aquesta activitat realment la faci l'alumne, no només que ho sembli» (el destacat és nostre).

L'afirmació anterior planteja dues demandes clares: que la ciència escolar sigui autèntica, i que els alumnes hi tinguin un paper protagonista. No sempre la ciència escolar es pot considerar ciència autèntica. En aquest sentit Chinn i Malhotra consideren que:

«moltes tasques d'investigació científica que es plantegen als alumnes a l'escola no reflecteixen els atributs centrals del raonament científic autèntic. Els processos cognitius necessaris per portar a terme aquestes tasques escolars amb èxit sovint són qualitativament diferents dels processos cognitius necessaris per implicar-se en la recerca científica real. *Efectivament, l'epistemologia de moltes tasques d'investigació escolar és antitètica amb una epistemologia autèntica de la ciència*» (Chinn & Malhotra, 2002, p. 175, el destacat és nostre).

Sovint ens trobem que la ciència que es proposa als alumnes a l'escola, s'allunya bastant del que en realitat caracteritza a la ciència experta, i això es manifesta tant en els tipus de tasques que se'ls planteja com en l'ordenació i estructura general d'aquestes tasques en el conjunt d'una seqüència d'activitats.

Abans d'avançar més, és el moment de definir dos conceptes que utilitzem molt en el present treball, amb la voluntat de clarificar el significat que tenen en el marc de la recerca que presentem: *ciència escolar* i *activitat científica escolar (ACE)*.

Usem el terme *ciència escolar* per referir-nos a la concepció que un docent té sobre la ciència que es pot fer a l'escola. El model de ciència escolar que s'adopti emmarca l'activitat científica que es proposa als alumnes. Tot model de ciència escolar ha d'estar fonamentat des del punt de vista epistemològic i psicològic (figura 1).

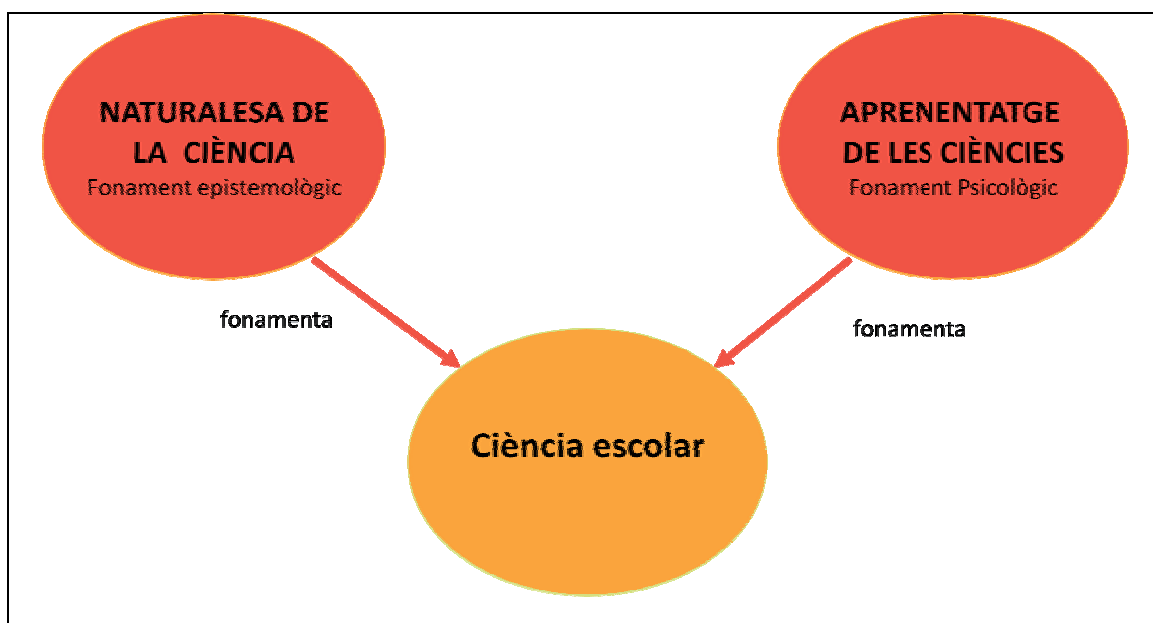


Figura 1. Fonaments de la ciència escolar

El fonament epistemològic és necessari perquè, si una condició ineludible que ha de complir la ciència escolar és que sigui ciència, aleshores necessàriament la ciència escolar ha d'alinejar-se amb una concepció de la ciència que sigui àmpliament compartida des de la filosofia de la ciència o, més en general, des dels estudis sobre la ciència (*science studies*).

El fonament psicològic també és necessari perquè el model de ciència escolar que

finalment s'adopti ha de ser coherent amb el que la recerca ha aportat en relació a les capacitats d'aprenentatge científic dels alumnes als quals es dirigeix perquè, com ja s'ha dit, la ciència escolar l'ha de poder fer l'alumne.

Per altra banda, usem el terme *activitat científica escolar* per identificar el conjunt d'accions concretes, fonamentalment de caràcter cognitiu, que els alumnes porten a terme a l'aula com a resultat del conjunt de tasques que els docents els proposen i que prèviament han hagut de planificar. Ambdós termes estan clarament relacionats perquè un model de ciència escolar necessàriament es concreta en uns determinats perfils d'activitat científica escolar, i tota activitat científica escolar respon, més o menys explícitament, a un model de ciència escolar concret (figura 2). Malgrat hi ha una clara relació entre ambdós conceptes, molt sovint aquesta relació té un caràcter implícit per als docents.

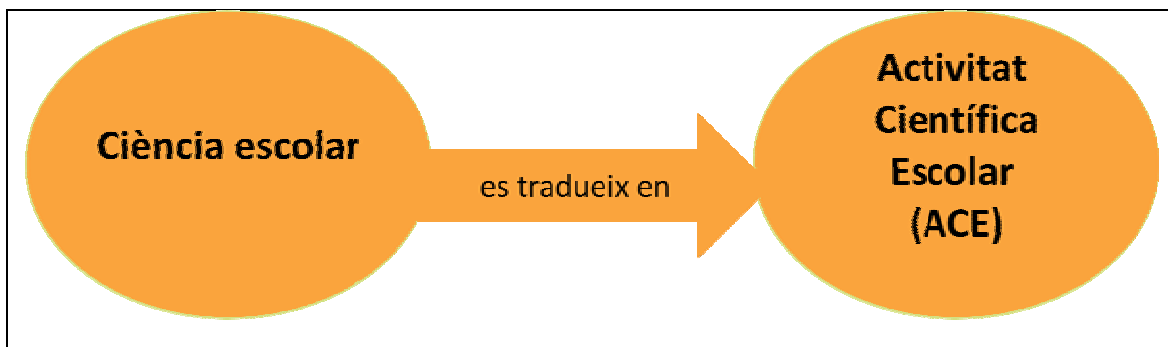


Figura 2. Relació entre ciència escolar i activitat científica escolar

L'activitat científica escolar és directament observable, a través de l'acció a l'aula o a través de la descripció de les activitats en les planificacions dels estudiants o dels mestres. El model de ciència escolar, per contra, no és directament observable però es pot inferir de l'ACE observada, o bé es pot posar de manifest a través de qüestionaris, entrevistes, etc. Així doncs, l'ACE, també es pot entendre com una forma d'expressió, més o menys conscient, del model de ciència escolar que té un docent, és a dir, es pot entendre com el model expressat de ciència escolar d'un docent.

4.2. El desenvolupament del pensament científic com a finalitat de l'ensenyament de les ciències

Les finalitats de l'ensenyament de les ciències a l'educació primària, així com els currículums i les estratègies d'ensenyament-aprenentatge que s'hi associen, han anat variant d'ençà que les ciències formen part dels ensenyament propis d'aquesta etapa (Bernal, 2001; Boyer, 2006; DeBoer, 1991).

Al llarg del temps s'han anat proposant diverses finalitats generals per a l'ensenyament de les ciències a l'educació primària, que no es pot considerar que siguin incompatibles entre elles. Aquestes finalitats es podrien agrupar en quatre grans categories que apareixen d'una manera successiva, sense que això suposi que en el moment de la seva aparició les noves finalitats hagin substituït completament les anteriors. Es tracta de: (a) desenvolupar les facultats cognitives generals dels infants, (b) adquirir el coneixement i els mètodes de la ciència, (c) promoure vocacions científiques, i (d) desenvolupar la competència científica (Martí, 2012).

L'ordenació curricular vigent al nostre país en el moment de la recollida de dades (derivada de la LOE) situa l'adquisició de la competència en el coneixement i la interacció amb el món físic (d'ara endavant ens hi referirem com a competència científica) com una de les vuit competències bàsiques que l'ensenyament obligatori ha de permetre assolir. El *Decret d'ordenació dels ensenyaments de l'educació Primària de Catalunya* (DOGC, 2007), afirma que adquirir aquesta competència suposa:

«el **desenvolupament** i l'**aplicació** del **pensament científic** i tècnic per interpretar la informació que es rep i per predir i prendre decisions amb iniciativa i autonomia en un món en què els avenços que es van produint en els àmbits científic i tecnològic són molt ràpids i tenen una influència decisiva en la vida de les persones, la societat i el món natural. Així mateix, implica la **diferenciació i valoració** del coneixement científic al costat d'altres formes de coneixement, i la utilització de valors i criteris ètics associats a la ciència i al desenvolupament tecnològic» (DOGC, 2007, *el destacat és nostre*).

Segons aquest plantejament, podem destacar dos objectius centrals del que suposa desenvolupar la competència científica: el desenvolupament del pensament científic i la comprensió de la naturalesa de la ciència. En realitat es tracta d'un sol objectiu, perquè podem considerar que la comprensió de la naturalesa de la ciència forma part d'això que en diem *pensament científic*.

L'ordenació curricular catalana està en plena sintonia amb les aportacions de diversos informes nacionals i internacionals que també posen l'èmfasi en la importància de desenvolupar la competència científica com a finalitat bàsica de l'educació científica a l'educació primària (COSCE, 2011; NRC, 2007; OCDE, 2006; Rocard, 2007). Segons tots aquests informes la idea de competència científica no limita els processos d'aprenentatge de les ciències a l'adquisició de coneixement factual o de conceptes i principis teòrics, sinó que pretén ampliar aquests aprenentatges amb la comprensió de la naturalesa de la ciència, i amb la capacitat de mobilitzar d'una manera continuada el coneixement científic adquirit en situacions personals o col·lectives en què aquest sigui adequat.

Acceptar el desenvolupament del pensament científic com a finalitat de l'ensenyament de les ciències, implica reconèixer que existeix el *pensament científic*, és a dir, que la ciència comporta una manera singular de pensar sobre la realitat, que és diferent en molts aspectes – mètodes, accions, valors, processos cognitius, context de l'acció, etc.–, a altres formes de pensar sobre aquesta mateixa realitat (Izquierdo & Aliberas, 2004), entre les quals també hi figuraria el que s'ha anomenat coneixement intuïtiu (Gardner, 1993). Per altra banda, parlar del *desenvolupament* del pensament científic suposa reconèixer que cal un aprenentatge explícit per arribar a pensar científicament i que el pensament científic d'un alumne pot canviar i desenvolupar-se amb el temps, en contextos educatius específics.

La recerca ha posat de manifest que el desenvolupament del pensament científic és conseqüència d'unes experiències educatives explícitament dissenyades amb aquest objectiu, i no d'un simple procés de maduració cognitiva (Kuhn & Pease, 2008; NRC, 2007; Zimmerman, 2007). Per això, l'educació primària esdevé una etapa clau, perquè és

on s'inicia el procés de desenvolupament del pensament científic (Harlen, 2000; Metz, 2004; NRC, 2007; Pujol, 2003; Smith et al., 2000). Malgrat molts mestres i estudiants no comparteixen aquest objectiu de fons, ara mateix disposem de prou evidències com per afirmar que els alumnes d'aquesta etapa tenen un ampli potencial per desenvolupar el seu pensament científic, tot i que això està absolutament condicionat al fet que se'ls ofereixin experiències d'aprenentatge específicament dirigides a incentivar-ho.

Zimmerman (2007, 173) defineix el pensament científic succintament com:

«l'aplicació dels mètodes i els principis de la investigació científica al raonament o a la resolució de preguntes o situacions problemàtiques, (...) comporta l'ús de les habilitats implicades en generar, avaluar i revisar evidències i teories, així com també la capacitat de reflexionar sobre el procés d'adquisició i revisió del coneixement».

En la definició anterior es focalitza el concepte de pensament científic en tres elements principals. El primer element es refereix al fet que el pensament científic s'aplica a la resolució de preguntes o problemes i, per tant, el seu objectiu és aportar respostes i afavorir la comprensió. El segon element fa referència a les habilitats que la persona utilitza en la resolució *científica* d'un problema o pregunta, i que s'apliquen a dos conjunts de processos completament interrelacionats que són: (a) la gènesi, avaluació i revisió d'evidències i, (b) la gènesi, avaluació i revisió de teories. El tercer element fa referència a la incorporació d'aspectes metacognitius, de presa de consciència sobre el propi procés d'adquisició i revisió del coneixement, que entronca amb la idea de generar una comprensió cada cop més complexa i refinada de la naturalesa dels processos de construcció i revisió del coneixement científic.

Els documents curriculars vigents al nostre país durant l'elaboració d'aquest treball també fan referència al pensament científic. Així, el *Real decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación primaria*, caracteritza el pensament científic com «l'habilitat progressiva per posar en pràctica els processos i actituds propis de l'anàlisi sistemàtica de la realitat i de la indagació científica».

A continuació cita un conjunt de pràctiques científiques que configuren la investigació científica:

«identificar i plantejar problemes rellevants; realitzar observacions directes i indirectes amb consciència del marc teòric o interpretatiu que les dirigeix; formular preguntes; localitzar, obtenir, analitzar i representar informació qualitativa i quantitativa; plantejar i contrastar solucions temptatives o hipòtesis; realitzar prediccions i inferències de diferent nivell de complexitat; i identificar el coneixement disponible, teòric i empíric, necessari per respondre preguntes científiques, i per obtenir, interpretar, avaluar i comunicar conclusions en diversos contextos (acadèmic, personal i social)».

A aquest conjunt de pràctiques, el currículum de Catalunya hi afegeix: «[...] explicar els fenòmens amb l'ajuda de *models*, verificar la coherència entre les observacions i l'explicació donada, i expressar-la *utilitzant diferents canals comunicatius*» (DOGC, 2007, *el destacat és nostre*).

El *pensament científic* es manifesta a través d'un conjunt d'accions, o de pràctiques, que tenen un caràcter eminentment cognitiu, l'aplicació de les quals, en última instància, persegueixen l'objectiu de descriure els objectes, sistemes i fenòmens de realitat i/o explicar un problema o un conjunt de problemes en base a l'evidència disponible.

De tot el que s'ha dit, es desprèn que serà molt difícil, o potser impossible, desenvolupar el pensament científic dels alumnes si no se'ls implica en tot el conjunt de pràctiques pròpies de l'activitat científica. Per això en aquest treball assumim que l'activitat científica escolar a l'educació primària s'ha de desenvolupar en un context de ciència escolar autèntica. D'aquí la importància del model de ciència escolar que tinguin els mestres i, sobretot, del tipus d'activitat científica escolar que acaben portant a terme a l'aula, perquè no totes les formes de fer ciència a l'escola contribueixen en la mateixa mesura a l'objectiu final de desenvolupar el pensament científic.

Si acceptem que els alumnes de 6-12 anys tenen més capacitat per al pensament i

l'activitat científica del que normalment se sol reconèixer (Metz, 1995), i que el desenvolupament del pensament científic està més condicionat per les experiències educatives que cada infant ha viscut, sobretot les escolars, que no per cap altre factor (NRC, 2007; Zimmerman, 2007), aleshores és evident que la ciència escolar que els nens i nenes visquin a l'escola contribuirà en gran mesura a l'objectiu de desenvolupar el seu pensament científic i, en última instància, a afavorir l'assoliment d'un cert grau de competència científica.

D'acord amb el que s'ha exposat fins ara, en el present treball situem el desenvolupament del pensament científic com la finalitat bàsica de la ciència que es planteja a l'escola i considerem que, seguint a Hodson (1994), això suposa actuar en tres àmbits –aprendre els models teòrics de la ciència, aprendre a fer ciència i aprendre sobre la ciència–, tal i com es mostra a la figura 3.

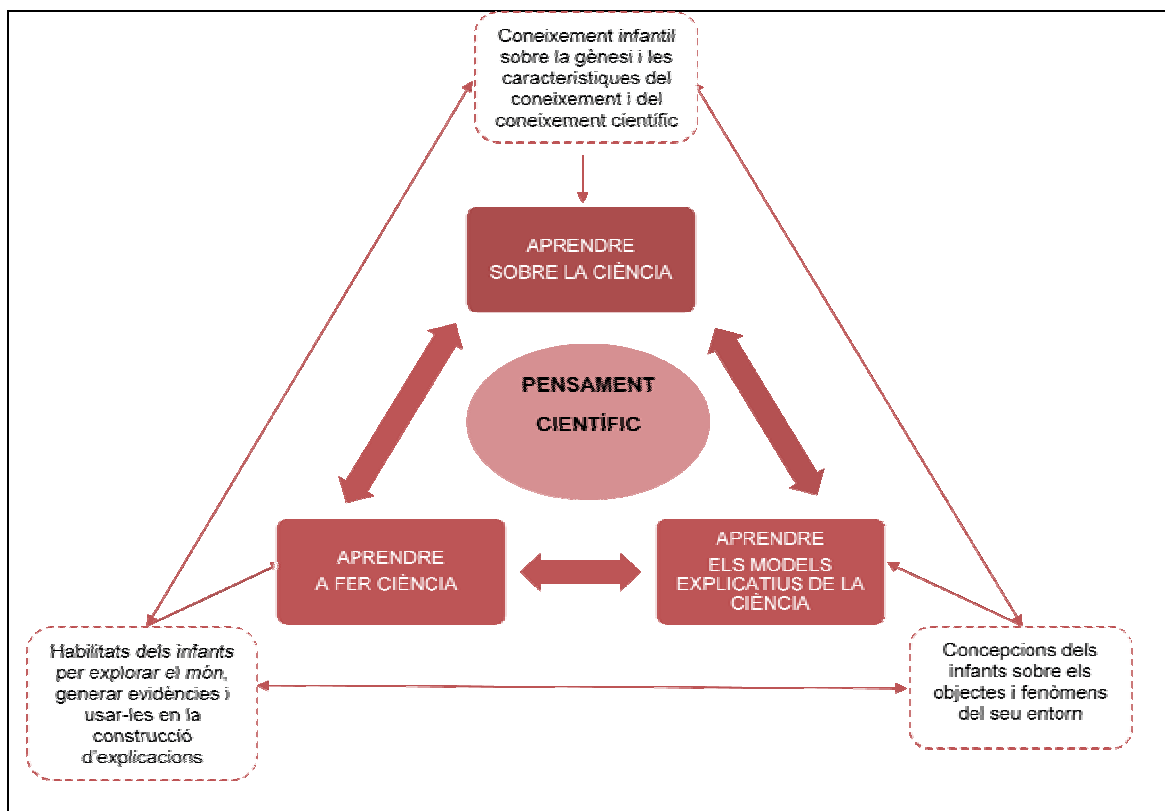


Figura 3. Elements que conformen el pensament científic i que intervien en el seu desenvolupament

Malgrat no es tracta d'un plantejament original, sí que considerem fonamental explicitar la importància que creiem que té aquesta finalitat de base i els aprenentatges que s'hi relacionen, perquè ens ha de servir per poder reflexionar sobre com avaluar les propostes d'activitat científica escolar que plantegen els estudiants.

Perseguir el desenvolupament del pensament científic com a finalitat fa més complexa la tasca dels mestres al moment de dissenyar entorns d'aprenentatge, perquè no només es tracta de transmetre coneixements factuais i/o conceptuals, sinó que es tracta d'implicar els alumnes en les pràctiques pròpies de l'activitat científica, amb l'objectiu de, poc a poc, mobilitzar les seves idees i models inicials. També suposa introduir continguts de caràcter epistemològic que ajudin a promoure una millor comprensió de la naturalesa de la ciència.

Molts autors comparteixen la idea que és essencial pensar un ensenyament de les ciències a l'educació primària orientat a la comprensió conceptual dels alumnes (Harlen, 2015; Konicek-Moran & Keeley, 2015; Pujol, 2003), malgrat això no sempre coincideix amb les opinions dels estudiants i els mestres. Sigui com sigui, el factor fonamental que ha de possibilitar el desenvolupament del pensament científic dels alumnes i la millora de llur comprensió conceptual, són les experiències d'aprenentatge que s'hagin ofert als nens i nenes, especialment a l'escola. Per això assumim que només és possible desenvolupar el pensament científic i millorar la comprensió conceptual, si els alumnes es troben immersos d'una manera coherent i continuada en contextos d'aprenentatge en què es porti a terme una activitat científica escolar autèntica, perquè fora del propi context escolar, el pensament científic no s'utilitza habitualment en tota la seva complexitat (Gardner, 1993).

4.3. Fonamentació epistemològica de la ciència escolar

En la didàctica de les ciències, els darrers anys, s'ha anat adoptant com a referent per a la ciència escolar, una aproximació cognitiva de la ciència (Izquierdo et al., 1999; NRC,

2007), derivada de les aportacions d'autors com Giere (1988) o Nersessian (1992, 2008). Aquesta és també l'aproximació que adoptem en el present treball.

Des de l'aproximació cognitiva es considera que la ciència és, eminentment, una activitat que té com a element central la construcció i progressiva avaluació i revisió de models teòrics. Un model científic s'entén com «una representació que abstruï i simplifica un sistema, focalitzant-se en les característiques clau, i que usem per explicar i predir fenòmens científics (...) els models científics sempre han de ser consistents amb les dades recollides sobre els fenòmens» (Schwarz et al., 2009, p. 633).

La producció de models científics en la ciència experta respon a la més àmplia capacitat cognitiva humana de representar-se la realitat a través de models mentals (Johnson-Laird, 1983). L'activitat científica, com a activitat cognitiva que és, també es basa en la producció i ús de models. Inicialment els models mentals són interns i individuals, però quan s'expressen i es comparteixen, es converteixen en models expressats (Gobert & Buckley, 2000). Els models es poden expressar usant múltiples recursos comunicatius.

L'objectiu de la investigació científica és la comprensió, i un pas fonamental per a l'assoliment d'aquesta finalitat és l'establiment de teories científiques sòlides (Duschl, 1997). En els models cognitius de ciència, les teories ocupen el lloc central, i estan conformades per conjunts de models científics relacionats entre ells, i per conjunts d'hipòtesis teòriques que proposen algun tipus de relació entre el model i un sistema o fenomen real (Izquierdo & Aliberas, 2004).

Allò substancial de l'activitat científica, segons aquests models de ciència, són les relacions entre teoria i món real (fets), entre teoria i evidència, perquè sense aquesta connexió amb els fets, els models esdevenen simples sistemes formals, desconnectats de qualsevol realitat (Izquierdo et al., 1999) (figura 4). Així doncs, les teories estarien formades tant per conjunts de models com pels fets als quals s'apliquen, connectats per les hipòtesis teòriques que afirmen la validesa del model per explicar aquests fets.

Una ciència escolar que tingui per referent una aproximació cognitiva a la ciència ha de tenir en compte el que acabem d'exposar en el paràgraf anterior i, per tant, ha de promoure una activitat científica escolar que permeti als alumnes construir i explicitar

models, obtenir evidències, i vincular els models a les evidències obtingudes a través de la formulació i avaluació d'hipòtesis teòriques.

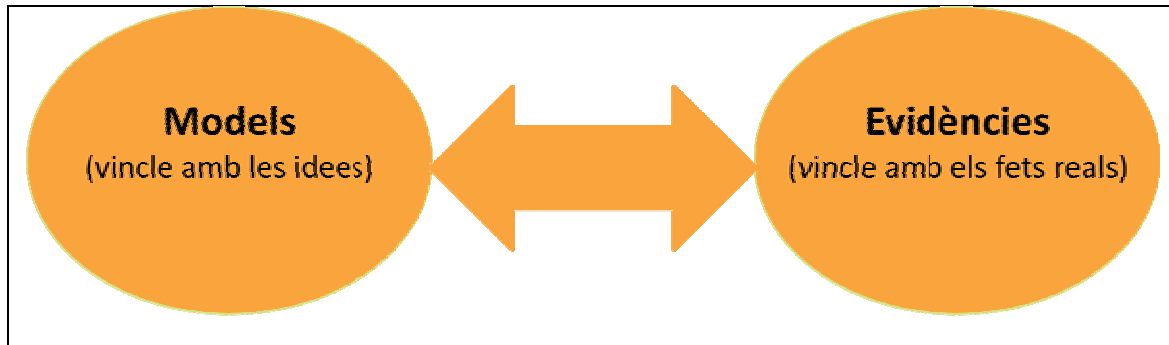


Figura 4. Relació entre models i evidències en un model cognitiu de ciència escolar

Izquierdo et al. (1999) han assenyalat algunes condicions de naturalesa epistemològica perquè la ciència escolar es pugui considerar realment científica, és a dir, autèntica. Les resumim a continuació:

- no es pot construir coneixement científic escolar amb un mètode científic estereotipat que comença per l'experimentació, ja que mai s'experimenta al marge d'una teoria sobre el món,
- no es poden presentar els fets com a confirmació de les teories sinó que els hem de presentar *en funció* de les teories, i viceversa.
- no es poden justificar els coneixements només per l'autoritat del professor, sinó que s'ha d'ensenyar a raonar tant sobre les accions com sobre la interpretació dels fenòmens, i això s'haurà de fer ensenyant a escriure i a parlar ciència.
- el més important de la ciència escolar és la interrelació entre teoria científica i pràctica experimental i per això es col·locarà l'experimentació al centre de l'educació científica, però donant molta importància als models com a elements de mediació teòrica.

Segons la proposta de Izquierdo et al., doncs, la ciència escolar ha de ser com la dels científics en allò essencial, el pensament teòric, però en pot diferir en altres aspectes importants, perquè ni les experiències, ni el context, ni el llenguatge, ni els fets, ni els

models que conformen la ciència escolar són mai iguals als de la ciència dels experts (Izquierdo & Aliberas, 2004; Izquierdo et al., 1999).

Molts investigadors en didàctica de les ciències, així com alguns documents recents de reformes curriculars per a l'ensenyament de les ciències també adopten explícitament aquesta concepció cognitiva de ciència i consideren que els models i la modelització han d'ocupar un paper central en l'activitat científica dels alumnes (Couso, 2007; Martí, 2012; NRC, 2007, 2011; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Simarro, Couso, & Pintó, 2013).

4 idees clau d'aquest apartat,

- La ciència escolar ha d'estar ben fonamentada epistemològicament.
- Hi ha un ampli consense en adoptar una aproximació cognitiva a la ciència com a referent per a la ciència escolar.
- Des de l'aproximació cognitiva, la construcció, avaluació i revisió de models teòrics ocupa un lloc central.
- La revisió de models teòrics requereix el contrast amb l'evidència disponible.

4.4. Fonamentació psicològica de la ciència escolar.

Retornant a una cita que ja hem utilitzat en apartats anteriors, la ciència escolar: «ha de ser ciència, però també *l'han de poder fer els alumnes*» (Izquierdo & Aliberas, 2004, p. 56, el destacat és nostre). Els fonaments epistemològics de la ciència escolar tal com s'han descrit abans tindrien poc recorregut si el tipus d'activitat científica escolar que impliquen no estés a l'abast dels alumnes als quals es dirigeix, en el nostre cas els alumnes d'educació primària. Per això, creiem fonamental que la ciència escolar també disposi d'una bona fonamentació psicològica, que deriva, sobretot, de la recerca feta en l'àmbit de la psicologia del desenvolupament i en l'àmbit de la didàctica de les ciències sobre les capacitats de pensament científic dels alumnes.

L'educació primària és una etapa molt llarga en la qual els alumnes van acumulant moltes experiències vitals i acadèmiques, i van desenvolupant les seves habilitats cognitives. Tant les habilitats cognitives com les experiències personals, poden arribar a diferir molt al llarg de l'etapa. Així per exemple les habilitats en la lectoescriptura d'un nen de 1r curs (5-6 anys) no són les mateixes que les d'un nen de 6è (11-12 anys). Malgrat hi ha molts elements del desenvolupament dels nens i nenes que podríem tenir en compte, allò que més ens interessa remarcar aquí és el que la recerca ens ha mostrat sobre els aspectes més vinculats al raonament científic.

Els darrers anys hi ha hagut un considerable interès per part dels investigadors en identificar quines són les habilitats científiques dels alumnes de primària (6-12 anys) i quins contextos i situacions afavoreixen el seu aprenentatge (NRC, 2007; Zimmerman, 2007). També ha preocupat als investigadors conèixer millor les concepcions epistemològiques dels alumnes (Carey & Smith, 1993; Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996). En conjunt, d'aquesta recerca n'ha emergit una nova imatge dels nens i nenes de 6 a 12 anys basada en un ampli conjunt d'evidències, que convergeixen en mostrar que els nens i nenes d'aquestes edats tenen més habilitats per al raonament científic del que fins ara s'assumia, i són més capaços de comprendre la naturalesa del coneixement i l'activitat científica del que ens pensàvem (Metz, 2004; NRC, 2007; Smith et al., 2000).

Aquesta nova imatge es podria resumir en tres afirmacions:

- a) els nens i nenes són pensadors teòrics i arriben a l'escola primària amb un conjunt de coneixements intuïtius en diferents dominis (matèria i materials, mecànica, classificació dels éssers vius, funcions vitals dels éssers vius, evolució dels éssers vius, astronomia observacional, etc.). Aquests coneixements canvien molt poc de manera espontània, però poden evolucionar i aproximar-se als coneixements científics gràcies a propostes d'ensenyament que tinguin l'evolució conceptual com a objectiu explícit.
- b) els nens i nenes de primària usen d'una manera incipient algunes pràctiques pròpies del raonament científic, però cal donar oportunitats als alumnes perquè aquestes habilitats evolucionin, i perquè les utilitzin de manera autònoma, productiva i intencionada.

- c) els nens i nenes de primària són capaços de desenvolupar una comprensió de la naturalesa del coneixement i de l'activitat científica cada cop més sofisticada, i amb l'ajuda de suports específics són capaços de reflexionar des d'una perspectiva epistemològica sobre les seves pròpies investigacions i sobre els coneixements generats a través de les seves investigacions.

Malgrat aquestes afirmacions siguin àmpliament reconegudes per la comunitat d'investigadors, no sempre són compartides pels mestres i els estudiants, que sovint manifesten una visió més empobrida de les capacitats dels alumnes d'aquestes edats, considerant-los poc capaços de desenvolupar-se satisfactòriament en tot allò vinculat amb el pensament i l'activitat científica (Metz, 1995, 1997). Aquesta infravaloració dels alumnes es manifesta més en tot allò que fa referència a la comprensió conceptual que no pas en allò que fa referència a la capacitat dels alumnes per a l'experimentació. Tot i així, aquesta imatge empobrida dels alumnes que molts mestres i estudiants encara comparteixen és, sens subte, un dels factors que exerceix un rol més determinant a l'hora de dissenyar situacions d'aprenentatge de les ciències dirigides a alumnes de primària, perquè estudiants i mestres no solen planificar tasques que considerin inassequibles per als seus alumnes.

A continuació exposem breument les principals aportacions de les investigacions sobre el raonament i les habilitats científiques dels alumnes, tot i que cal reconèixer clarament que es tracta d'un àmbit de recerca obert i controvertit en molts aspectes. En aquesta síntesi, hem intentat subratllar aquells aspectes que considerem més àmpliament compartits, o que tenen un rol més central en el model d'activitat científica escolar que presentem més endavant. Com es veurà, fem referència tant a les aportacions de la investigació sobre les teories i els models intuïtius dels alumnes, com a l'estudi sobre les habilitats d'investigació i de raonament científic dels alumnes, com, finalment, a l'estudi sobre les concepcions epistemològiques dels alumnes.

4.4.1. Resultats de la investigació sobre els coneixements científics dels alumnes

Existeix un ampli consens en reconèixer l'existència i la importància dels coneixements amb què els alumnes arriben a l'aula, i s'han dedicat molts esforços a identificar-los i descriure'ls (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1989; Driver, 1999; Taber, 2014). Les discrepàncies més aviat sorgeixen en el moment d'interpretar la naturalesa d'aquests coneixements dels alumnes i, en conseqüència, a l'hora de fer propostes sobre com tractar-los en el marc dels processos d'ensenyament-aprenentatge de les ciències a l'aula (Chi, 2008; DiSessa, 2008; Vosniadou, 1994).

En el present treball ens situem en el que s'ha anomenat la hipòtesi de la incompatibilitat entre el coneixement científic i el coneixement quotidià (Pozo, 1999), perquè considerem que hi ha prou evidències com per assumir que els continguts del coneixement intuïtiu dels alumnes i els continguts del coneixement científic dels experts són, en la majoria de casos, prou diferents, ja sigui en el seu contingut, en la seva estructura o en el seu ús (Gardner, 1993; Geary, 2005; Pozo, 2001; Vosniadou, 2008). Per això, considerem que la construcció de coneixement científic en els alumnes sempre comporta un cert grau d'evolució i (re)construcció conceptual.

L'informe *Taking science to school* afirma que aprendre ciències és difícil, no degut a alguna cosa que els alumnes no tenen, sinó al que sí que tenen, que són un conjunt d'idees inicials que caldrà revisar durant la formació (NRC, 2007). Aquesta afirmació, si ens la prenem seriosament, obliga a canviar radicalment el punt de mira, perquè són les habilitats, els conceptes i els models científics i epistemològics dels infants el que cal situar com a punt de partida i com a matèria primera per plantejar l'aprenentatge a l'aula.

En aquest treball considerem que l'activitat científica escolar ha de possibilitar l'evolució dels models teòrics, de les habilitats científiques i dels models epistemològics inicials dels infants i això, sens dubte, té conseqüències en la planificació d'una SAE. En aquest apartat ens centrarem en l'evolució dels models teòrics dels infants.

La recerca ha identificat les idees científiques dels alumnes de diferents edats, però no només ha permès disposar d'un ampli inventari de concepcions alternatives

(*misconceptions*) i models inicials dels alumnes (Allen, 2010; Driver, Guesne, & Tiberghien, 1989; Driver et al., 1999; Duit, 2009) sinó que, més enllà d'això, aquesta recerca també s'ha plantejat com a objectiu intentar explicar la naturalesa d'aquests models inicials i concepcions alternatives, i aconseguir disposar d'un coneixement més ampli i general sobre com els nens i nenes de fins a 12 anys interpreten el món i raonen sobre els seus objectes i fenòmens que el conformen.

En aquest àmbit hem de reconèixer que hi ha hagut moltes aportacions i totes molt interessants, però encara fa falta molta més recerca en alguns aspectes i un intent de síntesi entre les diferents aportacions. Sense que aquest sigui un objectiu del present treball, intentem a continuació fer un esforç de síntesi de les aportacions fetes fins ara en relació a la consideració de la naturalesa del coneixement científic infantil perquè, malgrat aquest esforç sigui purament temptatiu, creiem que és imprescindible com a element de reflexió sobre la naturalesa de l'activitat científica escolar.

Potser el debat més obert en relació a la interpretació del coneixement científic infantil és entre els autors que defensen una visió de les idees infantils com a molt diverses, fragmentades, poc integrades, poc coherents, i amb una expressió molt condicionada pel context (*knowledge in pieces* i *p-prims*) (diSessa, 1993; DiSessa, 2008; Hammer & Zee, 2006), i els que defensen una visió de les idees infantils més coherent, més sistemàtica i més integrada, la qual cosa els porta a usar el terme *teoria*, en analogia amb les teories científiques dels experts (*intuitive theories*, *framework theories*). Des d'aquesta segona posició, que té més partidaris que no pas la primera, es concep el coneixement infantil com un conjunt de conceptes, idees i models que s'organitza en forma de teories, perquè presenten un cert grau de coherència interna, tot i tenir un caràcter intuïtiu i implícit. Aquestes teories guien la formulació d'explicacions i prediccions (Benlloch, 1997; Brewer, 2008; Carey, 1985; Karmiloff-Smith, 1994; Pozo, 2001; Rodrigo, Rodríguez, & Marrero, 1993; Vosniadou, 1994; Wellman & Gelman, 1998).

Per als defensors del *knowledge in pieces* el que realment constitueix el coneixement dels infants són una sèrie de *p-prims* (*phenomenological primitives*) que es poden concebre com a generalitzacions derivades de l'experiència que són usades pels individus en el raonament sobre un determinat fenomen (diSessa, 1993; Hammer & Zee, 2006).

Entre els defensors de l'existència de teories, potser és la psicòloga grega Stella Vosniadou qui ha desenvolupat un model teòric més ampli per concebre les teories infantils. Vosniadou usa el concepte de *model mental* (Johnson-Laird, 1983), i relaciona els models mentals amb el que ella anomena teories marc (*framework theories*) i teories específiques (*specific theories*). Els models mentals serien dinàmics i generatius, és a dir, es podrien manipular i modificar mentalment, i permetrien formular explicacions causals i fer prediccions. Els models mentals que els alumnes generen i utilitzen, ens aporten informació sobre les estructures teòriques subjacents que els permeten generar-los. Aquests tres constructes teòrics (models mentals, teories específiques i teories marc intuïtives) es relacionarien segons l'esquema que mostrem a la figura 5, al qual hi hem incorporat també el constructe de p-prim.

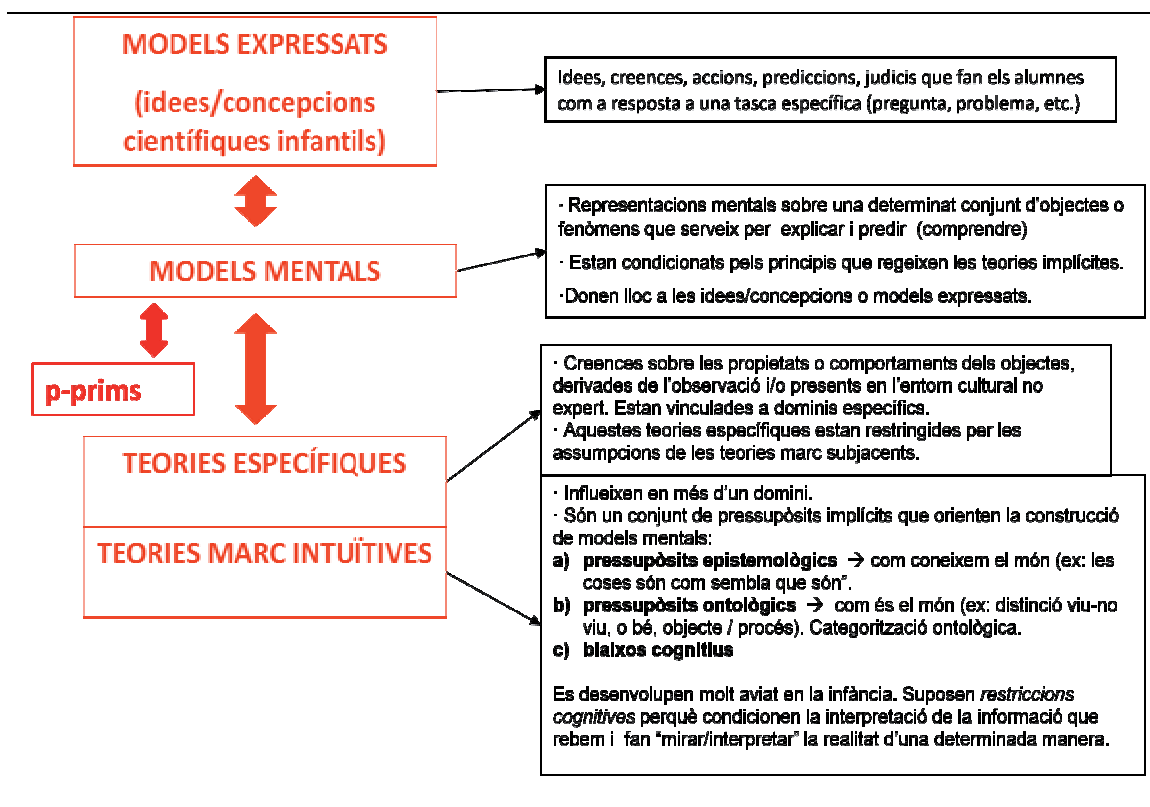


Figura 5. Teories intuïtives dels alumnes

Una altra autora que ha fet aportacions molt interessants sobre el coneixement científic infantil és la psicòloga nordamericana Michelene Chi. Aquesta autora considera la

categorització ontològica com una capacitat cognitiva essencial i explica l'aparició de concepcions alternatives sobre alguns fenòmens com un problema vinculat sobretot a un procés de categorització ontològica diferencial entre els infants (o els adults no experts) i els científics experts (Chi, 2008; Reiner, Slotta, Chi, & Resnick, 2000). Des d'aquesta visió, l'autora defensa que la construcció de coneixement científic sovint ha de passar per un procés de recategorització ontològica i, per tant, l'ensenyament de les ciències ha de considerar aquest procés de recategorització com un objectiu a assolir.

Altres autors, encara, han posat de relleu l'existència de certs biaixos cognitius com ara l'antropomorfització o personificació, el raonament teleològic (DiYanni & Kelemen, 2005; Kelemen, 1999), l'essencialisme (Gelman, 2003), i alguns biaixos referits al raonament causal i identificats com a regles intuïtives (Stavy & Tirosh, 2000). L'existència d'aquests biaixos ha estat usada per interpretar la comprensió intuïtiva que els alumnes manifesten sobre alguns fenòmens científics concrets (funcions vitals, evolució, etc.) i s'ha reconegut el doble paper de restricció i possibilitat que tots aquests biaixos cognitius tenen en el desenvolupament del pensament científic infantil.

Probablement la pretensió de buscar una sol tipus d'explicació per a totes les concepcions, idees o models infantils sigui errònia. Com molt bé ha assenyalat diSessa (2008) hi ha factors molt importants que difereixen d'una manera molt significativa a l'hora que un nen o nens expliqui un determinat fenomen. Un de molt clar és l'experiència física directa que els nens i nenes han tingut amb cada tipus de fenomen. Així per exemple, els infants tenen una amplíssima experiència des de molt petits amb tot allò relacionat amb les propietats mecàniques dels objectes i han pogut explorar i avaluar moltes "hipòtesis" sobre el comportament dels diversos objectes. Una cosa similar passaria amb alguns processos biològics com ara la nutrició o la relació sensorial amb l'entorn. En contrast, hi ha altres conjunts de fenòmens en què l'experiència directa hi juga un paper menor i, per contra, l'ensenyament (formal o informal) esdevé la principal font d'informació per als nens i nenes; seria el cas dels fenòmens astronòmics, de les interrelacions ecològiques entre els éssers vius, de l'evolució dels organismes, o de la comprensió de la matèria (inert i viva) a nivell microscòpic.

Sigui com sigui que s'interpreten les idees dels alumnes o els seus models inicials, el que no es pot negar és que són susceptibles d'evolucionar, i promoure'n l'evolució ha de ser un dels objectius centrals de la ciència escolar. El procés d'aprenentatge científic comporta necessàriament un procés de canvi conceptual (Vosniadou, 2008), és a dir, suposa la progressiva revisió dels models mentals inicials dels alumnes en base al seu encaix amb l'evidència disponible, de manera que progressivament es seleccionin aquells que encaixin millor i tinguin més capacitat explicativa i predictiva. Com que no es tracta d'una substitució sinó d'una evolució, en aquest treball preferim usar el terme *evolució conceptual* enlloc del concepte més àmpliament usat de *canvi conceptual* (figura 6).

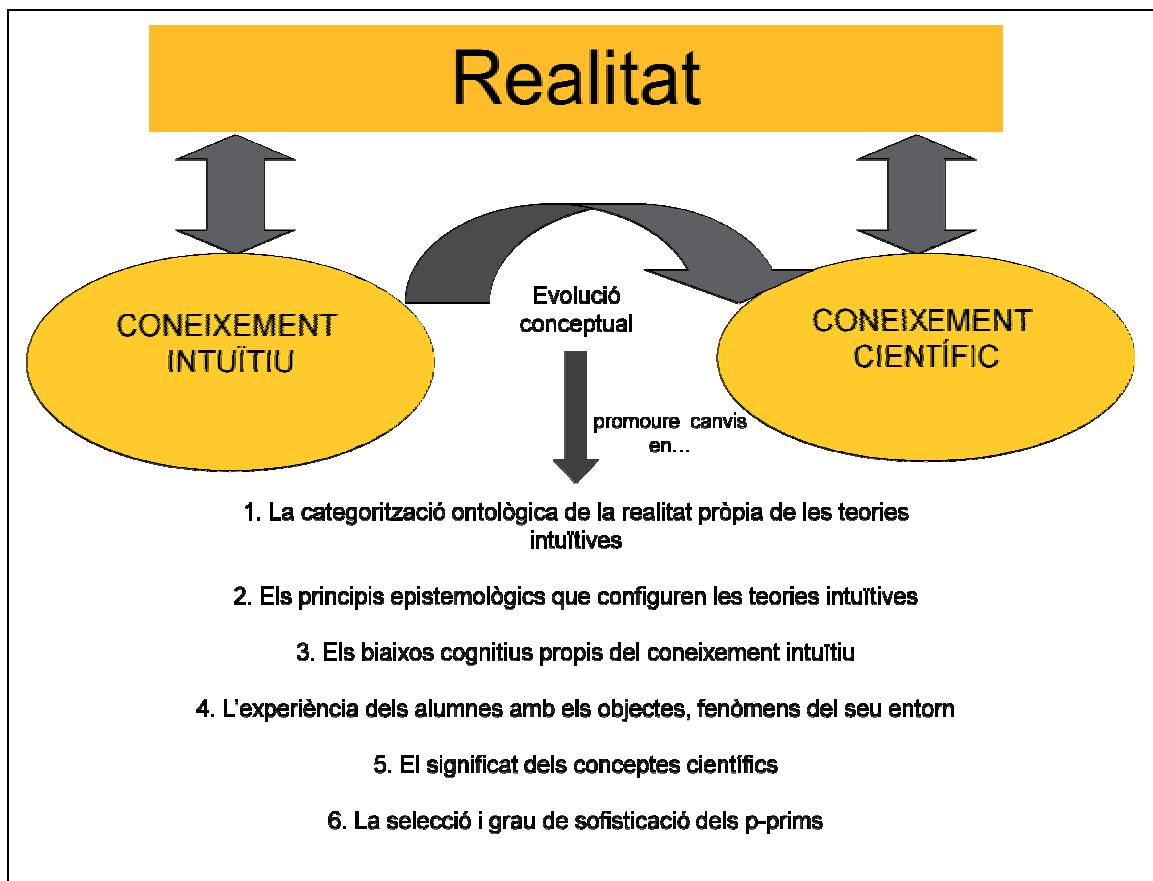


Figura 6. Procés de construcció de coneixement científic entès com a evolució conceptual

En base al que s'ha dit fins aquí, podem entendre que ensenyar per a la comprensió conceptual no vol dir res més que ajudar a revisar els models inicials dels alumnes per aproximar-los als models experts. Aquesta operació però, és més sofisticada del que sembla,

perquè no es tracta de substituir unes idees (les dels alumnes) considerades errònies, per unes altres (les de la ciència) considerades correctes, sinó que implica introduir els alumnes en una nova manera de mirar i interpretar els fenòmens. Així per exemple, comprendre científicament en determinats casos pot voler dir ressituar els objectes o fenòmens en les categories ontològiques on els col·loca la ciència experta o, en altres casos, seleccionar i revisar quins p-primis són més adequats d'usar davant d'un determinat problema o, encara en altres situacions, prendre consciència de la inadequació del raonament teleològic per explicar alguns fenòmens científics.

L'evolució dels models inicials als experts, com és obvi, l'han de fer els alumnes perquè el canvi o evolució conceptual és un acte intencional (Sinatra & Pintrich, 2002), però és responsabilitat dels mestres crear les situacions que permetin aquesta evolució. A més a més, cal tenir ben clar que els alumnes no ens ho posaran fàcil perquè al tractar-se de models majoritàriament de caràcter implícit que per a ells tenen sobretot una funció pragmàtica (i no epistèmica), fa que els assumeixin com a tals, i que habitualment no siguin posats a prova.

Per tot això, també hem de defensar que l'activitat científica escolar sigui autèntica i que sempre inclogui la cerca de coherència entre els models teòrics expressats i els fets empírics disponibles. Proposar tasques per fer explícits els "coneixements previs", idees o models inicials dels infants sense després posar-los a prova, o fer-los explícits per després substituir-los pels coneixements "bons" o "correctes", no té massa sentit i, a més, fa perdre una gran oportunitat per comprendre la naturalesa de l'activitat científica i el paper central que té la relació teoria-evidència en la construcció i progressiva revisió i refinament del coneixement científic.

Els psicòlegs consideren que l'evolució conceptual es dona bàsicament a través de dos processos: l'enriquiment i la revisió (figura 7). L'enriquiment suposa l'addició simple de nova informació a estructures conceptuais prèviament existents, i apareix quan la nova informació és coherent amb els models mentals previs. Per contra, la revisió (o reestructuració, o reconstrucció) és necessària quan la nova informació és inconsistent amb les creences i pressupòsits preexistents o amb l'estructura de relacions de la teoria

subjacent. Per això, la revisió comporta canvis més profunds en les creences i els pressupòsits personals.

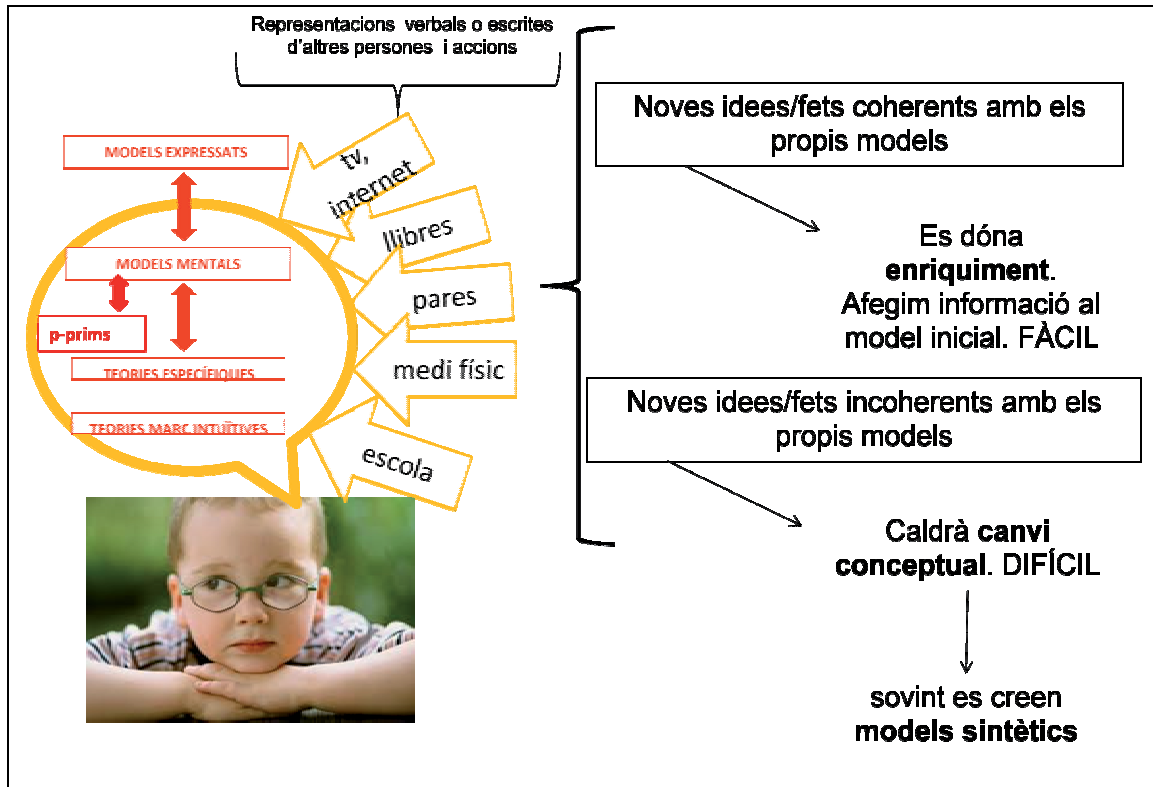


Figura 7. Aprenentatge científic com a enriquiment o com a canvi conceptual

Les concepcions alternatives dels alumnes que la literatura ha descrit abundantment, probablement deriven del repte cognitiu que suposa per als infants donar sentit a la nova informació que, d'una manera o altra, se'ls subministra, als nous llenguatges (tant en relació als termes científics específics, com als tipus generals de discurs científic) i a la nova experiència que van adquirint. Indiscutiblement, per als alumnes l'escola és una de les grans fonts d'informació, de llenguatges i d'experiències.

Alguns psicòlegs reconeixen que l'aparició de concepcions alternatives és gairebé inevitable, i que apareixen quan els alumnes intenten donar sentit a un conjunt d'informacions, llenguatges i experiències que no són coherents amb els seus models inicials. Vosniadou ha proposat canviar el terme concepcions alternatives per *models sintètics* (Vosniadou, 1994, 2012). Aquests models sintètics, a mig camí entre els

models inicials i els models experts, combinen en el seu contingut aspectes d'ambdós models però, a la vegada, es distingeixen tant dels uns com dels altres.

Des del nostre punt de vista l'evolució dels models teòrics infantils és un dels objectius fonamentals de la ciència escolar, i només es pot assolir amb una certa garantia d'èxit si s'introdueix els alumnes en una activitat científica escolar autèntica perquè, tal com s'ha exposat quan parlàvem de la fonamentació epistemològica, un model cognitiu de ciència escolar com el que nosaltres hem pres com a referent situa els models teòrics al nucli del procés d'aprenentatge, i introdueix progressivament una manera de raonar que obliga a buscar la coherència entre les explicacions donades i l'evidència disponible, de manera que la millor explicació serà la que expliqui millor les evidències, i ho faci d'una manera més simple i coherent.

Els darrers anys hi ha hagut un gran interès en investigar el paper dels models i dels processos de modelització en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències. Alguns treballs en aquesta direcció mostren que el fet de posar l'èmfasi en la realització d'investigacions dirigides a l'evolució de models (*model-based inquiry*), juntament amb una especial atenció al que s'ha anomenat coneixement metamodelitzador, pot facilitar l'aprenentatge del contingut científic a la vegada que millora la comprensió dels alumnes sobre la naturalesa de l'activitat científica (Schwarz & White, 2005; Schwarz et al., 2009).

De tot el que s'ha exposat en els paràgrafs anteriors es desprèn una visió molt rica del coneixement intuïtiu dels alumnes i de les seves estratègies per donar sentit a la nova informació, així com una visió molt complexa del procés d'adquisició de nou coneixement científic per part dels alumnes. És evident que el coneixement dels estudiants i mestres sobre el coneixement dels alumnes és un element clau del seu coneixement didàctic i un coneixement fonamental a l'hora de planificar l'activitat científica escolar. Ara mateix, hi ha molt poca recerca disponible sobre aquest aspecte del coneixement professional dels docents (García & Cubero, 2000; Otero & Nathan, 2008; Smith, 2000), i la que hi ha mostra que els estudiants i els mestres tenen un coneixement més aviat simple dels coneixements dels alumnes.

4.4.2. Resultats de la recerca sobre les habilitats d'investigació i sobre el raonament científic dels alumnes

Des de fa uns 30 anys, el desenvolupament de les habilitats d'investigació i raonament científic dels nens i nenes de primària ha cridat l'atenció de molts investigadors (NRC, 2007; Zimmerman, 2007).

A la taula 1 es mostren les pràctiques d'activitat científica sobre les quals hi ha estudis referits a alumnes d'educació primària, fent una distinció entre les pràctiques pròpies de l'àmbit de les dades i els fets, i les pràctiques pròpies de l'àmbit de les idees i els models. La distinció entre aquests dos àmbits l'expliquem i justifiquem més endavant.

Taula 1. Pràctiques científiques amb estudis disponibles en nens i nenes de Primària

Àmbit de les dades i els fets	Àmbit de les idees i els models
<ul style="list-style-type: none"> - habilitats per al disseny experimental amb control de variables - recollida, registre i anàlisi de dades - establiment de conclusions empíriques 	<ul style="list-style-type: none"> - relació teoria-evidència - construcció i defensa d'explicacions

4.4.2.1. Habilitats per al disseny experimental amb control de variables

El disseny experimental amb control de variables (DECV) s'ha proposat com una estratègia de disseny experimental adequada a l'educació primària (Martí, 2012; Martins, 2002) i en el programa de formació dels estudiants que han participat en la present investigació es va introduir de manera explícita com un recurs per a l'experimentació a l'aula i per a l'obtenció de dades i evidències.

En relació al DECV, la recerca ha posat de manifest que els nens i nenes, des dels 6 anys, poden comprendre què vol dir posar a prova una hipòtesi a través d'un experiment, i també poden generar experiments correctes en situacions simples (Sodian, Zaitchik, & Carey, 1991). Així mateix quan tenen repetides possibilitats de practicar l'elaboració de

DECVs, i això s'acompanya de sessions dirigides a aprendre específicament aquesta estratègia, una majoria de nens de 11-12 anys aprenen a fer DECV de manera correcta i són capaços de continuar usant la tècnica més enllà del moment en què se'ls va ensenyar (Klahr & Li, 2005; Toth, Klahr & Chen, 2000).

Els experts recomanen que per tal de facilitar que els alumnes siguin capaços de fer un DECV autònomament, es combini l'ensenyament explícit de la lògica del DECV, amb l'oferiment de moltes oportunitats per practicar-lo, perquè s'ha observat que cadascuna d'aquestes dues coses per separat contribueixen en menor mesura a l'aprenentatge del DECV.

4.4.2.2. Registre, representació i anàlisi de dades

En relació al registre de dades, molts autors han remarcat l'interès que pot tenir la introducció de les llibretes de ciències (*science notebooks*) (Campbell & Fulton, 2003; Klentschy, 2008; Segalés, Fontarnau, Jiménez, Martí, & Riera, 2011). Aprofitant aquest instrument de registre més obert que no pas les tradicionals fitxes de treball, alguns investigadors han analitzat la capacitat que els alumnes manifesten de prendre notes durant un procés d'investigació (Garcia-Milà, Andersen & Rojo, 2011; Garcia-Milà & Andersen, 2007).

Com a resultats inicials, un d'aquests estudis (Garcia-Milà & Andersen, 2007) mostra que els nens i nens prenen molt poques notes i la mitjana de les notes que prenen disminueix amb el temps, en comparació als adults que també formaven part de l'estudi. Aquests resultats s'interpreten en base a la consciència del què és important d'anotar a la llibreta durant una investigació científica, i de perquè és important anotar-ho. Els alumnes sovint tenen una representació poc acurada de la demanda de la tasca que se'ls planteja i del seu futur estat de coneixements, de manera que no perceben la utilitat de la presa de notes. Degut a això, els alumnes no usen posteriorment les notes que han pres.

Un segon estudi mostra que hi ha una relació significativa entre la qualitat dels registres dels alumnes a les llibretes de ciències i algunes estratègies d'investigació, per exemple

l'estratègia de control de variables, mentre que per altres estratègies, per exemple realitzar inferències, aquesta relació és necessària però no suficient (Garcia-Milà et al., 2011).

Altres autors han investigat sobre les habilitats dels alumnes per representar i analitzar dades (Lehrer & Schauble, 2006). Com en el cas del coneixemen teòric, aquests estudis han mostrat com els alumnes de primària s'impliquen amb facilitat en els processos de representació de dades i tenen més habilitats de les que sospitàvem.

La representació de dades, sempre suposa un procés de modelització de les dades (*data modelling*). Alguns estudis han posat l'èmfasi en la introducció d'estratègies per què els alumnes aprenguin a representar dades en situacions complexes (ex: el creixement de plantes que viuen en condicions diferents) i han observat com aprendre a representar dades, i aprendre a llegir les dades representades contribueix a la capacitat dels alumnes d'establir conclusions d'una manera més autònoma (Lehrer & Schauble, 2004).

La modelització de dades implica un cicle d'activitats de les quals la primera és comprendre el problema per tal de pensar sobre possibles solucions. Decidir sobre què i com mesurar, pensar en les formes en què caldrà estructurar i mostrar les dades, i reflexionar sobre les inferències que se'n podran derivar, són altres accions que caldrà portar a terme. Totes aquestes accions no es poden considerar una habilitat de domini general, sinó que estan vinculades estretament a la parcel·la de fenòmens sobre la qual s'estan obtenint les dades. La modelització de dades ajuda a crear nous móns, perquè permet mirar d'una altra manera un determinat fenomen (Lehrer & Schauble, 2004)

En relació a l'ús de les dades, alguns estudis han mostrat com aquestes sempre s'interpreten des d'un determinat model teòric (infantil o científic), i com els canvis en els models teòrics ajuden a interpretar de noves maneres un mateix conjunt de dades (Chinn & Brewer, 2001). Això qüestionaria els models d'activitat científica escolar en què es fa obtenir dades als alumnes sense verbalitzar models teòrics.

Tota aquesta recerca subratlla la importància que l'activitat científica escolar han de tenir les pràctiques vinculades a l'obtenció, registre i anàlisi de dades, i com és absolutament imprescindible que aquestes pràctiques no siguin només portades a terme pels

alumnes, sinó que es dediquin espais per a reflexionar sobre el seu paper en la gènesi de coneixement científic.

4.4.2.3. Establiment de conclusions empíriques

L'establiment de conclusions empíriques és una pràctica científica molt rellevant perquè és el punt d'arribada de qualsevol investigació empírica. Per a l'educació primària, s'ha proposat la introducció d'una estructura marc que permet construir, avaluar i revisar les conclusions que es formulen al final d'un procés d'investigació empírica.

Aquesta estructura marc té dos components clau: l'afirmació i les evidències (Zemba-Saul, McNeill, & Hershberger, 2013). L'afirmació seria la sentència que respon a la pregunta investigable que s'hagi formulat. Diversos estudis han mostrat la dificultat que tenen els alumnes per proposar bones afirmacions (Zemba-Saul et al., 2013). El segon component important en una bona conclusió empírica són les evidències, és a dir, les dades que fonamenten l'afirmació. Aquestes dades tant poden ser qualitatives com quantitatives, però sempre cal que les que els alumnes incorporin a la conclusió empírica siguin apropiades, és a dir, rellevants per respondre la pregunta, i suficients.

Els alumnes de primària s'impliquen d'una manera entusiasta en les investigacions que tenen un caràcter manipulatiu, però per a la majoria és un repte donar sentit a les dades que obtenen, i arribar a conclusions usant les evidències obtingudes (McNeill & Martin, 2011). Això també es pot aplicar als estudiants, perquè tal com han posat de manifest alguns estudis, els estudiants també tenen dificultats a entendre el paper que tenen les explicacions en ciències i tendeixen a afavorir les respostes correctes. Igualment, no disposen de massa estratègies ni recursos per promoure la construcció d'explicacions entre els seus alumnes (Beyer & Davis, 2008; Forbes et al., 2014; Zangori & Forbes, 2013).

4.4.2.4. Capacitat de relacionar la teoria amb l'evidència

En el model de ciència escolar que s'ha presentat, l'establiment de vincles entre teoria i evidència és considerat el nucli dur de l'activitat científica. Malgrat això, relacionar els models teòrics amb l'evidència disponible no és una tasca simple (Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988).

Diversos estudis mostren que sovint els nens i nenes tenen tendència a ajustar la seva teoria per adaptar-la a l'evidència que se'ls presenta (Kuhn et al., 1988). En aquest sentit Chinn i Brewer (1998, 2001) han mostrat que els alumnes sovint permeten que les seves creences teòriques desautoritzin les dades obtingudes i han identificat un conjunt de situacions en què l'alumne manté la seva teoria, malgrat les dades reforcin una teoria alternativa.

En opinió de Kuhn et al. (1988), la forma com els nens i nenes relacionen la teoria amb l'evidència suggeriria que sovint llurs teories no existeixen com a objectes cognitius concrets i diferenciats, de manera que la teoria roman indiferenciada de l'evidència que la fonamenta. Així doncs, si teoria i evidència no existissin a la ment infantil com a entitats cognitives separades, seria molt més difícil per als alumnes poder reflexionar de manera conscient i flexible sobre les relacions entre l'una i l'altra.

A diferència de Kuhn, els estudis de Koslowski, fets amb nens i nenes d'entre 11 i 12 anys, mostren que molts alumnes d'aquestes edats tenen en compte la informació sobre possibles mecanismes causals quan avaluen l'evidència en relació a diverses hipòtesis plantejades (Koslowski, Marasia, Chelenza, & Dublin, 2008; Koslowski, 1996). Koslowski conclou que els nens i nenes són més capaços de relacionar la teoria i l'evidència que no pas fan pensar els resultats dels estudis pioners de Kuhn, però que aquesta capacitat depèn sobretot de què disposin de, o puguin proposar, mecanismes causals que considerin plausibles a l'hora d'explicar des d'un punt de vista teòric una determinada evidència.

Aquesta conclusió té una clara implicació educativa, perquè situa la importància que a

l'aula hi circulin més d'una hipòtesi a l'hora d'explicar un fet. Malgrat sempre seran preferides les hipòtesis per les quals tenim un mecanisme causal que considerem plausible, atrevir-se a formular una hipòtesi alternativa, per a la qual no tenim un mecanisme causal, pot ser útil quan l'evidència no encaixa del tot amb la hipòtesi inicial.

En qualsevol cas, sembla clar que la distinció entre teoria i evidència no és espontània ni senzilla i, per tant, una implicació educativa immediata seria la necessitat d'ajudar els alumnes a prendre consciència de les seves pròpies idees i models, de la naturalesa hipotètica de les seves idees, i ajudar-los a distingir una hipòtesi d'una evidència. Al mateix temps, és importat empènyer-los a què sempre considerin les evidències que tenen per fonamentar una determinada afirmació, tan empírica com teòrica (Zemba-Saul et al., 2013).

4.4.2.5. Construcció i defensa d'explicacions

La construcció d'explicacions per donar sentit als fenòmens estudiats és l'objectiu principal de l'activitat científica. Com que aquestes explicacions poden ser diverses per a un mateix fenomen, la defensa d'una explicació en base a l'evidència i als models i conceptes teòrics existents, esdevé una pràctica científica absolutament lligada a la construcció de l'explicació.

Malgrat en aquest apartat tractem la *construcció* i la *defensa* d'explicacions com si fossin una sola pràctica, seguint les propostes que fan alguns autors (Berland & McNeill, 2012; Berland & Reiser, 2009), reconeixem clarament que *explicar* i *argumentar* no són el mateix tipus d'acció (Osborne & Patterson, 2011) i que, per tant, es tracta de dues pràctiques diferents tot i que estan intrínsecament relacionades entre elles. Osborne i Patterson afirmen que «un element clau en la distinció entre explicació i argument és que una explicació hauria de donar sentit a un fenomen basant-se en altres fets científics (...) un tret definitori d'una explicació és que el fenomen a explicar no està en dubte, per exemple ningú discuteix que els dinosaures s'han extingit o que existeixen les estacions

de l'any» (Osborne & Patterson, 2011, p. 629). Les explicacions serien respostes a preguntes del *per què* i consistirien en «una sèrie de descripcions en què sovint es proposa l'existència o s'inventen noves entitats o propietats, per tal d'exposar la causa d'un determinat fet» (Osborne & Patterson, 2011, p. 629).

Tot i que hi pot haver diferents tipus d'explicacions la majoria d'autors coincideixen en la importància que en la ciència tenen les explicacions causals, en què el contingut de l'explicació és la descripció d'un mecanisme causal que explica com un fenomen s'ha arribat a produir (Braaten & Windschitl, 2011; Koslowski, 1996; Osborne & Patterson, 2011; Russ, Scherr, Hammer, & Mikeska, 2008). Alguns treballs han començat a analitzar la capacitat dels alumnes de primària de raonar causalment d'una manera mecanicista en el procés de construcció d'explicacions científiques i han conclòs que els alumnes d'aquestes edats proposen conscientment causes mecàniques per a la majoria de fenòmens físics (Hammer & Zee, 2006; Russ et al., 2008).

La capacitat de construir explicacions i d'argumentar que mostren els alumnes de primària, com moltes altres pràctiques científiques, milloren quan són objectes d'atenció específica en el procés d'ensenyament (McNeill, 2011). En el cas de la construcció d'explicacions, algunes investigacions mostren que es pot establir una relació entre les idees dels mestres sobre la pràctica de construir explicacions, el suport que donen als alumnes sobre aquesta pràctiques, i les explicacions escrites dels alumnes (Zangori & Forbes, 2014). El paper dels mestres en la planificació de l'acció a l'aula, per tant, esdevé fonamental per al desenvolupament de la capacitat dels alumnes de construir i defensar explicacions. Tot i això, també s'ha vist que les concepcions dels mestres sobre les explicacions científiques són molt simples i molt centrades en la idea de “resposta correcta” (Zangori & Forbes, 2013).

En resum, totes les aportacions de la recerca anteriorment citades ens mostren uns nens i nenes de primària molt més competents per implicar-se en les pràctiques d'activitat científica (fints i tot les que suposen majors demandes cognitives) que no pas mostraven els estudis clàssics de l'àmbit de la psicologia del desenvolupament. Tot i això, la ciència escolar hauria de contribuir a l'evolució d'aquestes habilitats implicant els alumnes en

contextos d'activitat escolar en què les pràctiques científiques pròpies d'una activitat científica autèntica siguin les protagonistes.

Els resultats de la recerca, però, també mostren que la simple implicació dels alumnes en la realització d'una pràctica científica no és suficient per comprendre-la, i que cal ajudar-los a prendre consciència de la naturalesa de cadascuna de les diverses pràctiques científiques, i de les seves interrelacions. Per això, aprendre a investigar suposa implicar els alumnes en la investigació però també desenvolupar, en paral·lel, el seu metaconeixement sobre les pràctiques científiques. Pensem que un bon model d'activitat científica escolar ha de contemplar aquestes dues dimensions de l'aprenentatge: aplicació i metaconeixement.

4.4.3. Resultats de la investigació sobre els aprenentatges de caràcter epistemològic

En un estudi pioner, Carey i Smith (1993) descriuen dos extrems epistemològics a l'hora de considerar el coneixement científic i el seu procés de construcció, que identifiquen en el pensament dels alumnes de diverses edats i també en adults (docents o no). A un extrem hi hauria el que anomenen *epistemologia del coneixement aproblemàtic* en què s'assumeix que el coneixement científic consisteix en una col·lecció de creences certes sobre fets del món, i que es va acumulant a poc a poc a través de rebre explicacions o d'observar; no es fa una distinció clara entre les idees i les activitats dels científics, o entre les idees i els resultats experimentals; es considera el coneixement científic com a cert, únic i definitiu. A l'altre extrem hi hauria el que anomenen *epistemologia del coneixement problemàtic*, molt propera a la concepció experta sobre la naturalesa del coneixement científic.

Per la seva banda, Driver et al. (1996) proposen un marc teòric lleugerament diferent per descriure les característiques de les representacions epistemològiques dels alumnes (i dels adults). Proposen l'existència de tres formes de raonament: (a) raonament basat en fenòmens, (b) raonament basat en relacions, (c) raonament basat en models.

Algunes recerques han mostrat que és possible que els alumnes adquireixin unes concepcions epistemològiques molt més sofisticades al finalitzar l'educació primària que les que s'atribueixen als alumnes d'aquestes edats segons els estudis anteriorment citats. Aquestes recerques mostren que és possible l'evolució de les concepcions epistemològiques dels alumnes quan se'ls implica en activitats riques en pràctiques científiques, i al mateix temps se'ls implica en processos específics de reflexió epistemològica en diversos moments al llarg de l'etapa (Metz, 2004; Smith et al., 2000).

L'estudi de Smith et al. (2000), per exemple, conclou que donar als alumnes responsabilitats per gestionar diversos aspectes de llurs investigacions, plantejar temes que obrin camins d'investigació rics, cercar formes de representar i debatre les idees dels alumnes de múltiples formes i situar al centre del procés d'aprenentatge la reflexió de caràcter metacognitiu, són els elements del context educatiu creat pels mestres que, segons les autores, es poden considerar més significatius a l'hora d'explicar la millora en els models epistemològics dels alumnes.

Per altra banda, l'estudi de Metz (2004) analitza la comprensió que alumnes de 7 i de 9-10 anys tenen sobre la incertesa dels resultats d'una investigació dissenyada i portada a terme per ells mateixos. Els resultats de l'estudi mostren que una gran majoria d'alumnes són capaços d'identificar una o més fonts d'incertesa en els seus resultats, que poden ser: el disseny de la investigació, les dades obtingudes, les tendències identificades en les dades, la possibilitat de generalitzar els resultats o la teoria que millor explica els resultats. A més a més, la majoria dels que identifiquen una o altra font d'incertesa són capaços de proposar una bona estratègia per millorar la investigació i per superar la incertesa dels resultats. Per l'autora, aquests resultats indiquen que els alumnes són capaços de desenvolupar una comprensió molt rica de com la incertesa intervé en una investigació científica i, per tant, mostren un cert nivell de comprensió de les complexes relacions entre el coneixement dels fenòmens naturals i els propis fenòmens naturals, que va més enllà del realisme naïf descrit per alguns autors, i també mostren una perspectiva epistemològica més propera a la idea de *coneixement problemàtic* (Carey & Smith, 1993; Driver et al., 1996).

Tot fa pensar doncs, que la concepció sobre la ciència que acaben tenint els alumnes

depèn bàsicament del tipus d'ensenyament que han rebut. Això té implicacions molt importants en relació a la planificació de l'acció a l'aula, que es concreten en la introducció de continguts de caràcter epistemològic en les propostes d'activitat científica escolar donat que, normalment, la dimensió epistemològica hi és molt menystinguda.

4 idees clau d'aquest apartat,

- els nens i nenes són pensadors teòrics i arriben a l'escola primària amb un conjunt de coneixements intuïtius en diferents dominis. Aquests coneixements poden evolucionar i aproximar-se als coneixements científics gràcies a propostes d'ensenyament que tinguin l'evolució conceptual com a objectiu explícit.
- els nens i nenes de primària usen d'una manera incipient algunes pràctiques pròpies del raonament científic, però cal donar oportunitats als alumnes perquè aquestes habilitats evolucionin, i perquè les utilitzin de manera autònoma, productiva i intencionada.
- els nens i nenes de primària són capaços de desenvolupar una comprensió de la naturalesa del coneixement i de l'activitat científica cada cop més sofisticada, si compten amb l'ajuda de suports específics.
- en definitiva, els nens i nenes són més capaços de raonar i actuar científicament del que fins ara s'havia assumit.

4.5. Una proposta d'activitat científica escolar per a l'educació Primària

En els apartats següents descrivim el l'activitat científic escolar que creiem que es desprèn del model de ciència escolar que s'ha exposat en els apartats anteriors i de les habilitats que sabem que tenen els alumnes per portar-lo a terme.

4.5.1. Àmbits d'actuació en l'activitat científica escolar

Tal com ja s'ha dit, un model de ciència escolar que es basi en una aproximació cognitiva a la naturalesa de la ciència experta, ha de situar la modelització com l'element central de l'activitat científica escolar (Acher, Arcà, & Sanmartí, 2007; Gilbert, 2011; Kenyon et al., 2008; Martí, 2012; NRC, 2011; Simarro et al., 2013).

La modelització s'ha definit com una pràctica científica que implica la creació, avaluació, revisió i ús de models científics (Schwarz & White, 2005). L'objectiu de la modelització és establir una relació dialògica entre els models i els fenòmens, perquè els models científics sempre han de ser coherents amb l'evidència disponible. Noves reflexions sobre el fenomen, o noves evidències fan que sigui possible refinar el model en relació als seus elements i relacions.

Segons Izquierdo et al. (1999), els models científics escolars ocupen el mateix espai i tenen la mateixa funció –la representació i comprensió de la realitat–, que els models teòrics en la ciència experta. Es tracta de representacions mentals que poden concretar-se verbalment (o amb altres sistemes de representació: maquetes, gestos, llenguatge matemàtic, etc.), que inclouen fenòmens del món considerats exemplars o paradigmàtics i que permeten actuar, dissenyant experiments i elaborant arguments per explicar uns determinats resultats empírics. Els models científics escolars contenen a la vegada conceptes i fets significatius, perquè models i fets, models i evidències empíriques, mantenen una relació dialògica.

Malgrat en el perfil d'activitat científica escolar que proposem com a referència en el present treball, optem per situar la modelització al centre, és evident que la necessària relació dialògica entre models i evidències fa que l'activitat científica escolar s'hagi de desplegar en dos àmbits d'actuació que identifiquem com a: (i) àmbit de les dades i els fets, i (ii) àmbit de les idees, models i explicacions (Martí, 2012) (figura 8).

Aquesta distinció de l'activitat científica escolar en dos àmbits d'actuació, també l'han plantejada altres autors (Klahr, 2002; NRC, 2011; Psillos, Tsifli, & Kariotoglou, 2004), dels quals l'hem adoptada i adaptada perquè considerem que és una forma operativa de descriure i clarificar l'activitat científica escolar.

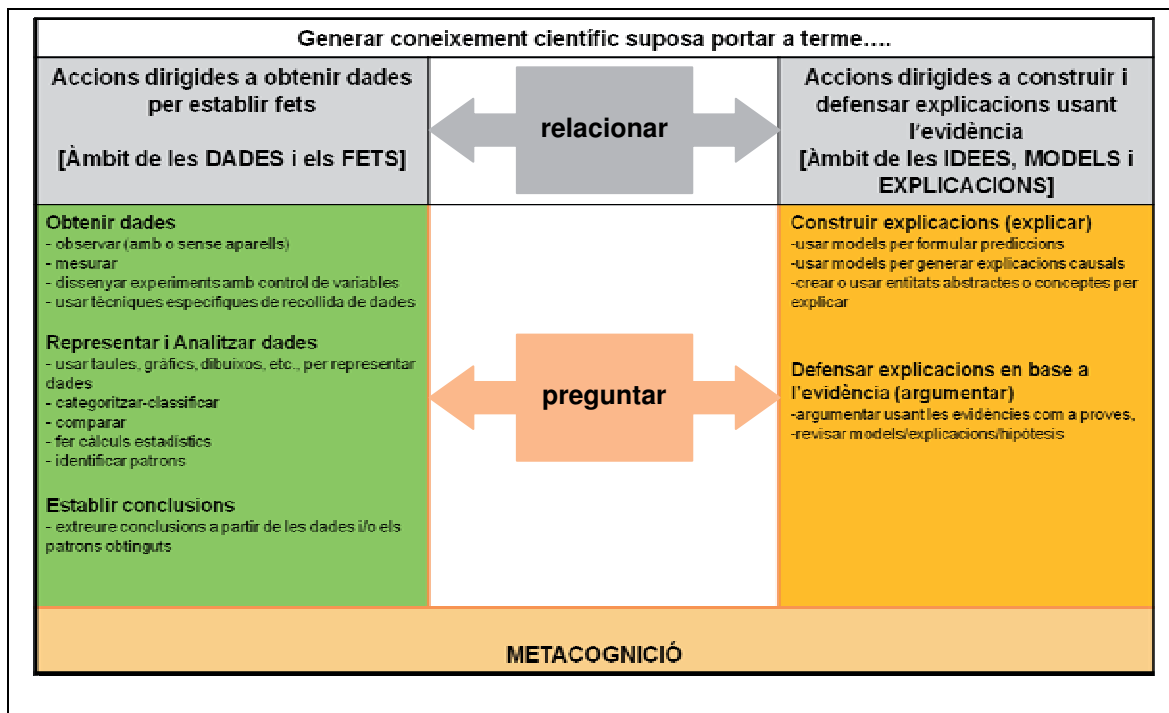


Figura 8. Àmbits d'actuació en l'activitat científica escolar. En negreta les pràctiques científiques més representatives.

El quadre anterior posa de manifest que els dos àmbits d'activitat científica es distingeixen per les pràctiques que els caracteritzen, però en el present treball també considerem interessant distingir-los pels productes científics que generen. En un dels àmbits d'actuació els productes són les *dades* i els *fets*, mentre que a l'altre àmbit d'actuació el que es mobilitza, són *idees* i/o *models* (per simplificar, a partir d'ara usarem només el terme *idees*). Una distinció semblant apareix en els conceptes de *cosmos*, *evidències* i *idees* que utilitzen Psillos, Tselfes i Kariotoglou (2007).

Òbviament el que hem anomenat productes d'activitat científica (*dades*, *fets* i *idees*) apareixen quan es porten a terme unes determinades pràctiques científiques (per exemple, obtenir dades, establir conclusions empíriques, formular hipòtesis, defensar explicacions, etc.) i, en l'activitat científica escolar, apareixeran quan en el disseny d'una SAE es planifiquin tasques que impliquin aquestes pràctiques.

Si el que es pretén és establir una relació dialògica entre models i evidències, aleshores les pràctiques pertanyents als dos àmbits s'han de presentar als alumnes de manera interrelacionada i coherent, de manera que s'afavoreixin les necessàries connexions entre els models teòrics que circulen per l'aula (àmbit de les idees, els models i les explicacions), i les dades i els fets obtinguts de la investigació empírica directa o de fonts secundàries (àmbit de les dades i els fets). Per això, no només són molt rellevants les tasques que els estudiants o els mestres planifiquen en una SAE, sinó que esdevé molt important tenir en compte la disposició de les diferents tasques, és a dir, l'organització interna de la seqüència de tasques i activitats.

Al llarg d'una SAE s'haurien de saber combinar moments per obtenir dades, moments per establir fets a partir de dades (o el que és el mateix, establir conclusions empíriques), moments per construir explicacions usant models i, moments per defensar explicacions en base a l'evidència. Així doncs, en un bon model d'ACE no és possible limitar l'activitat dels alumnes a un dels dos àmbits d'actuació, o planificar activitats en els dos àmbits però de manera poc integrada. Acabem de formular dos principis importants per al disseny d'una seqüència d'activitats.

Quan a l'aula apareixen altres perfils d'ACE que no parteixen d'aquests dos principis, probablement sigui perquè, conscientment o inconscient, s'està utilitzant un altre model de ciència escolar com a referent, amb altres fonaments epistemològics i/o psicològics. Per exemple, molts mestres no consideren el paper de l'experimentació en la seva vinculació amb els models teòrics, sinó que el consideren bàsicament com un element de motivació que manté als alumnes interessats (Davis et al., 2006a); o bé, des d'un model de ciència més empirista, molts mestres consideren l'experimentació com una activitat necessària per “demostrar” els continguts teòrics que es donen com a establerts i immutables (Davis et al., 2006a; Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008).

Exposat el marc general de l'activitat científica que proposem en aquest treball, en els subapartats següents descrivim amb més detall les pràctiques científiques i els productes científics propis de cadascun dels dos àmbits d'actuació.

4.5.2. Pràctiques i productes científics en l'àmbit de les dades i els fets.

En l'àmbit de les dades i els fets s'hi inclouen totes aquelles pràctiques que condueixen, en primer lloc, a obtenir, avaluar, revisar i analitzar dades i, posteriorment, les que condueixen a establir conclusions empíriques (figura 8, pàgina 57).

Els fets empírics són construïts (Izquierdo & Aliberas, 2004), i el procés de construcció i/o de reconeixement de fets empírics és un pas imprescindible i anterior a l'explicació, perquè les explicacions científiques es construeixen sobre fets empírics compartits en la comunitat d'investigadors (Osborne & Patterson, 2011). Els fets compartits actuen com a evidències en la construcció i en la defensa d'una explicació teòrica, i acabaran formant part del propi model teòric.

Això no implica que l'activitat científica escolar no es pugui iniciar a partir de proposar un model per explicar que posteriorment es pot revisar i refinar, sinó que suposa que no es pot iniciar d'aquesta manera si no és que els alumnes comparteixen uns determinats fets empírics, obtinguts a l'aula o procedents de la seva experiència prèvia.

Des d'aquest plantejament d'activitat científica escolar, l'experimentació té com a principal objectiu que el *fet del món* sigui reconstruït a classe en el marc d'algun model incipient ofert pel professor però que connecti al màxim amb les representacions de l'alumnat. D'aquesta manera passa a ser un *fet científic escolar* o un *fet experimental significatiu* (en termes de Izquierdo et al., 1999), és a dir, un fet interpretat en termes d'un model. No hi ha una correspondència directa entre el fenomen natural i la seva interpretació, sinó que la coherència entre ambdós aspectes s'ha de construir.

En aquest àmbit distingim tres conjunts de pràctiques científiques:

- a) *planificar i/o portar a terme activitats per obtenir dades*. Formen part d'aquest conjunt, tasques com ara: mesurar, observar, realitzar dissenys experimentals amb control de variables, usar tècniques específiques d'obtenció de dades (com ara els etogrames o els mostrejors de conducta-espai, per a la investigació del comportament

- animal). Podem distingir entre dades primàries, quan són obtingudes pels propis alumnes, i dades secundàries, quan procedeixen d'altres fonts.
- b) *representar i analitzar les dades obtingudes*. Formen part d'aquest conjunt, tasques com ara: classificar, comparar, fer càlculs estadístics, registrar dades en taules, representar dades amb gràfics, identificar patrons, avaluar dades, etc.
 - c) *establir conclusions empíriques* (o fets empírics) a partir d'un conjunt de dades primàries o secundàries. En aquest cas hi reconeixem una sola tasca que seria: establir conclusions empíriques.

De l'activitat en aquest àmbit en deriven dos productes científics: les dades i els fets. Malgrat en el coneixement quotidià no és sempre així, en la ciència escolar dades i fets haurien d'estar íntimament relacionats, perquè els fets empírics que establim científicament deriven de les dades que s'han obtingut a través de l'observació o de l'experimentació. En una activitat científica escolar autèntica, l'obtenció de dades condueix a l'establiment de conclusions empíriques i, per tant, a l'establiment de fets empírics, tot i que el pas de dades a fets no és sempre obvi ni immediat.

Elaborar conclusions empíriques no és una pràctica senzilla però sempre suposa proposar una afirmació que respongui a la pregunta investigable que s'ha plantejat, i que ha d'anar acompanyada de l'evidència disponible que permet sostenir l'afirmació i que prové de les dades obtingudes. Com ja s'ha dit, aquesta estructura d'*afirmació + evidència* és utilitzada per diversos autors per introduir la construcció d'explicacions com a pràctica científica a l'educació primària (McNeill & Martin, 2011; Zangori & Forbes, 2014; Zembal-Saul et al., 2013).

Si pensem en l'activitat científica escolar que realment observem a les aules de primària, la majoria de vegades no es configura de la mateixa manera (Zangori & Forbes, 2013), perquè sovint els fets són presentats sense obtenir dades reals, o sense fer referència a les dades reals que s'hi poden relacionar. Això condueix a una situació en què en una SAE serien molt més freqüents les tasques proposades als alumnes que tindrien com a producte els fets, que no pas les que tindrien com a producte les dades, conduint a un desequilibri important en la freqüència relativa d'ambdós tipus de tasques i productes. Per això en el

present treball considerem que en una SAE hauríem de poder detectar un cert equilibri, i una clara relació, entre les tasques que es proposa als alumnes vinculades a la producció de dades, i les vinculades a la producció de fets.

A l'educació primària cal aprendre moltes de les pràctiques científiques que formen part d'aquest àmbit, de manera que també considerem que al llarg de l'etapa els alumnes s'han de trobar amb seqüències d'activitats que incloguin tasques els continguts d'aprenentatge de les quals siguin les pròpies pràctiques científiques.

Aquest plantejament s'alinea amb aquells autors que consideren que no té cap sentit ensenyar les pràctiques de la ciència o la seva naturalesa, en desconnexió amb l'aprenentatge d'uns continguts conceptuals específics (Metz, 1995, 2004), i amb els que afirmen que per aprendre les pràctiques científiques no n'hi ha prou de practicar-les o viure-les, sinó que calen moments específics de metareflexió sobre la pràctica (Smith et al., 2000).

Metz (2004), per exemple, considera que l'aprenentatge sobre les pràctiques científiques no pot estar mai desvinculat de la construcció de coneixements científics de caràcter conceptual, i defensa la inclusió d'activitats específiques per ajudar els alumnes a distingir i comprendre la naturalesa de les diverses pràctiques: distingir una observació d'una inferència, saber identificar bones preguntes, saber seleccionar la tècnica de recollida i representació de dades més adequada per a una determinada investigació, etc. Com s'exposarà més endavant, en aquest treball considerem que l'aparició clara d'aquesta dimensió epistemològica en una SAE en millora la proposta d'activitat científica escolar.

4.5.2. Pràctiques i productes científics en l'àmbit de les idees, els models i les explicacions

En l'àmbit de les idees, els models i les explicacions hi considerem dos conjunts de

pràctiques interrelacionades:

- a) *construir explicacions* (explicar). Formen part d'aquest conjunt, tasques com ara: construir i/o usar models per formular prediccions, construir i/o usar models per formular hipòtesis, usar conceptes per explicar, usar models intuïtius o científics per explicar.
- b) *defensar explicacions* en base a l'evidència (argumentar). Formen part d'aquest conjunt, tasques com ara: argumentar usant les evidències com a proves; argumentar usant principis teòrics, etc.

Els objectius de les tasques proposades en aquest àmbit de l'ACE són construir i defensar explicacions. Explicar i argumentar són dues pràctiques diferents (Osborne & Patterson, 2011), tot i que estan estretament relacionades, la qual cosa ha conduït a alguns autors a considerar-les una de sola i a formular-la conjuntament com *construir i defensar explicacions* (Berland & Reiser, 2009).

Hi ha un ampli consens en considerar que les bones explicacions científiques són aquelles que proposen una causa (Braaten & Windschitl, 2011), i més concretament un mecanisme causal que permet comprendre com té lloc un determinat fenomen. Koslowski afirma que el raonament científic consisteix, sobretot, a proposar un mecanisme que «expliqui el procés pel qual una causa condueix a un efecte» (Koslowski, 1996, p. 13) coincidint en aquesta definició amb altres autors (Carey, 1995; Schauble, 1996; Zimmerman, 2007).

Per a l'educació primària també s'ha defensat la importància de promoure el raonament causal mecanicista, és a dir, la proposició de causes mecàniques com a explicació dels diversos fenòmens astronòmics, físics o biològics, com a nucli de l'ACE dels alumnes. Totes aquestes propostes donen un valor molt important a les idees i models dels alumnes, i els atorguen un rol central en l'activitat a l'aula (Hammer & Zee, 2006; Russ et al., 2008).

Construir explicacions és possible gràcies al fet que tot individu disposa d'uns determinats models mentals interns que li permeten representar-se la realitat, i que són mediats per l'existència de teories intuïtives implícites, per l'ús de determinats p-prims o

pel tipus de categorització ontològica de la realitat. Els models mentals sobre un determinat fenomen o sistema són el que condiciona més clarament l'elaboració d'una explicació científica per part dels alumnes, perquè els fets empírics obtinguts de l'observació o l'experimentació el que fan és actuar com a evidències d'una explicació o bé, justament al contrari, qüestionar-la. Tal com ja s'ha dit és l'evolució dels models mentals dels alumnes el que perseguim com a finalitat, intentant apropar els seus models inicials als models científics escolars. El procés d'evolució dels models dels alumnes, s'ha d'entendre com un procés progressiu i continu de construcció, explicitació, avaluació i revisió dels seus models inicials (Clement, 2000; Schwarz & White, 2005; Schwarz et al., 2009), i en aquest procés de revisió les evidències empíriques hi juguen un paper clau.

És per això que considerem que un bon model d'ACE ha de mantenir un cert equilibri entre les tasques que es proposin als alumnes vinculades a l'establiment de fets i les tasques que es proposin als alumnes vinculades a l'ús d'idees i models per explicar o per predir. A més a més d'aquesta tendència a l'equilibri entre fets i models, cal que hi hagi molta coherència i continuïtat entre els fets obtinguts i les explicacions que es van construint, o entre les explicacions construïdes i els fets que serviran per validar-les.

Construir una explicació suposa formular hipòtesis, i ambdues coses es podrien considerar una sola, perquè una hipòtesi es pot entendre com una explicació provisional derivada d'un determinat model teòric. Igualment els models teòrics que tenim sobre un determinat sistema o fenomen, permeten formular prediccions, és a dir, anticipar conductes i/o resultats empírics (Lawson, 2003), la qual cosa ens serveix per posar a prova les hipòtesis. En la ciència experta les prediccions es justifiquen explícitament o es sostenen en alguna hipòtesi teòrica, tot i que en l'activitat científica escolar que molts mestres plantegen realment a l'aula, sovint es formulen prediccions (els mestres en solen dir "hipòtesis") només com a desitjos informats (*educated guesses*) (Harlen, 2000). Es tracta de prediccions no justificades i, per tant, no vinculades, almenys explícitament, a cap model teòric.

Les explicacions científiques s'han de defensar, perquè com que no les podem considerar com a definitives n'hem de mostrar la seva coherència i utilitat, i això comporta l'ús de

l'argumentació. El paper clau de l'argumentació en la construcció de coneixement científic és plenament assumida en didàctica de les ciències (Berland & Reiser, 2009; Erduran & Jiménez Aleixandre, 2008; Jiménez Aleixandre, 2010; Sanmartí, 2003) i en la construcció de coneixement sobre la ciència i la naturalesa del raonament científic (Ryu & Sandoval, 2012).

Tal com ja s'ha dit per a les pràctiques vinculades a l'àmbit de les dades i els fets, no només cal usar les pràctiques (és a dir, practicar-les), sinó que calen moments de metareflexió sobre les pràctiques. Això mateix és vàlid per a les pràctiques vinculades a l'àmbit de les idees i models. Per tant, l'activitat científica escolar que es proposa en una seqüència d'activitats serà més rica quan s'apel·li a la dimensió epistemològica en relació a les pràctiques pròpies d'aquest àmbit d'actuació i, per tant, s'hi planifiquin tasques que tinguin com a contingut d'aprenentatge les pràctiques de *construir i defensar explicacions*, de manera que s'ajudi als alumnes a prendre consciència de què és i com es construeix una bona explicació científica, i de què és un argument i quan es fa una bona defensa de l'explicació en base a proves (Jiménez Aleixandre, 2010).

Per acabar, a la figura 8 també s'hi destaca el paper central que tenen les preguntes en l'activitat científica escolar, perquè les preguntes són el motor de l'activitat científica en qualsevol dels dos àmbits d'actuació en què la diferenciem en aquest treball (Harlen, Elstgeest, & Jelly, 2001; Márquez, Roca, & Via, 2003; Roca, 2008). Les preguntes vehiculen i concreten allò que es vol fer o saber en funció dels objectius específics que es persegueixen en un determinat moment del procés d'investigació (generar dades, avaluar evidències, interpretar dades, proposar models explicatius, avaluar els models proposats, etc.). Tot i reconèixer la importància que tenen les preguntes i que *formular preguntes* és una pràctica científica per ella sola (NRC, 2007, 2011), en el present treball no ens fixem en les preguntes en elles mateixes, sinó que les considerem en relació a les diferents pràctiques científiques a què donen lloc.

4.3.3 El rol dels alumnes en l'ACE i les concepcions sobre l'aprenentatge

La qualitat del coneixement científic i del coneixement sobre la ciència construït a l'escola depèn de la qualitat de l'experimentació, el raonament i la reflexió epistemològica que s'hi pot arribar a desenvolupar i això, en última instància, depèn de les oportunitats per experimentar, raonar i reflexionar que ofereixin les situacions d'aprenentatge que els mestres plantegen a l'aula.

L'ACE es produeix al si d'una comunitat formada pel mestre i els seus alumnes, inserida en una cultura escolar determinada. Un model d'ACE no seria complet si no tingués en compte qui ha de protagonitzar les activitats que el configuren. En aquest sentit és clàssica la proposta original de Herron en què es considera el progressiu grau d'autonomia dels alumnes en relació al plantejament del problema, al mètode experimental escollit i a l'elaboració de la conclusió.

El model de Izquierdo et al. (1999) reconeix que cal implicar els alumnes en el seu propi aprenentatge, i això només es pot fer si aquests adopten un rol productiu, que vagi més enllà del simple activisme, o de la simple recepció i reproducció d'informació. Han de ser bàsicament els alumnes els que individualment i col·lectiva s'impliquin en la gestió de les seves pròpies idees i accions, sempre amb el suport adequat del mestre.

No hi ha ciència escolar autèntica sense que els alumnes adoptin un paper protagonista en tots els tipus de tasques que se'ls planteja. En alguns models d'ensenyament de les ciències, per exemple, es reserva als alumnes un paper actiu només en les activitats vinculades a la investigació empírica (àmbit de les dades i els fets), a través de l'experimentació o de l'observació, més o menys guiades; per contra el mestre es reserva l'exposició dels models científics i dels conceptes que serveixen per explicar des d'un punt de vista teòric uns determinats fets, de manera que en aquesta part els alumnes adopten un rol passiu. En els models més tradicionals basats en la transmissió i la recepció, per contra, els alumnes adopten un paper molt passiu perquè bàsicament reben informació i la reproduïxen, moltes vegades sense desenvolupar una veritable comprensió.

En el model d'activitat científica escolar que estem plantejant, considerem que els alumnes han de tenir un paper actiu o productiu en el desenvolupament de les activitats i, han d'arribar a assolir un cert grau d'autonomia en l'ús de les diverses pràctiques d'activitat científica que hem descrit abans.

En aquest treball entenem que el rol que un mestre decideix atorgar als alumnes en la realització de les tasques respon, bàsicament, a una determinada comprensió de l'aprenentatge, encara que sigui implícita, per part de qui planifica una seqüència d'activitats (siguin estudiants o mestres). Així per exemple, el predomini d'un rol passiu dels alumnes, podria respondre a una concepció sobre l'aprenentatge basada en el que s'ha identificat com a teoria directa de l'aprenentatge (Pozo et al., 2006). Pozo considera que la teoria implícita de l'aprenentatge més bàsica és la teoria directa i afirma:

«en llur versió extrema, aquesta teoria es centra de manera exclusiva en els resultats o productes de l'aprenentatge (...) està relacionada amb la teoria directa de la ment que a l'ensem es basa en una epistemologia realista ingènua, d'acord amb la qual la simple exposició al contingut o a l'objecte d'aprenentatge garanteix el resultat, entès com una reproducció fidel de la informació o del model presentat» (Pozo et al., 2006, p. 120).

Els autors reconeixen que hi pot haver versions més sofisticades de la teoria directa en les quals es vincula els resultats d'aprenentatge a unes condicions el compliment de les quals assegura l'aprenentatge i, inversament, l'incompliment de les quals l'obstaculitza. Una d'aquestes condicions, molt citada per mestres i estudiants, és la motivació (Patrick & Pintrich, 2001).

En totes les versions de la teoria directa els resultats d'aprenentatge es conceben com a «productes clarament identificables, de tot o res, i s'entenen com a peces disjunctes que s'acumulen sumativament en el procés d'aprendre, de manera que un nou aprenentatge no afecta ni resignifica els anteriors» (Pozo et al., 2006, p. 121). Des d'aquesta teoria de l'aprenentatge, el coneixement es correspon directament i unívoca amb la realitat. Els resultats d'aprenentatge són una còpia fidel de la realitat.

El predomini d'un rol més actiu dels alumnes podria estar vinculat a la creença que el coneixement s'adquireix bàsicament des d'una font externa, i es tractaria d'una posició més propera al que Pozo identifica com a *teoria interpretativa* de l'aprenentatge. L'autor la descriu com: «la pròpia activitat de l'aprenent és la clau fonamental per aconseguir un bon aprenentatge, els resultats del qual es conceben de la mateixa manera que en la teoria directa, és a dir, com a rèplica de la realitat o dels models culturals» (Pozo et al., 2006, p. 122).

En la teoria interpretativa, els resultats, els processos i les condicions d'aprenentatge es connecten d'una manera molt lineal, i es considera l'activitat de l'aprenent només en els aspectes més manifestament visibles, reconeixent que s'aprèn fent i practicant de manera repetida el que s'està aprenent. Malgrat en la teoria interpretativa l'aprenentatge es considera un procés (i no un estat com en la teoria directa), en què l'actuació de l'aprenent és fonamental, assumeix uns pressupòsits epistemològics molts semblants a la teoria directa. Així s'assegura que: «la teoria interpretativa parteix d'un principi realista i assumeix que el bon coneixement ha de reflectir la realitat i que l'aprenentatge té per finalitat captar aquesta realitat» (Pozo et al., 2006, p. 124). Molts investigadors han posat de manifest que la teoria interpretativa, en versions més o menys sofisticades, és la que predomina entre els alumnes i els docents del nostre entorn (Hofer & Pintrich, 2002; Patrick & Pintrich, 2001; Pozo et al., 2006).

Quan els docents prenen de referència un model constructivista o socioconstructivista de l'aprenentatge, és evident que cal una implicació mental dels alumnes molt alta, perquè s'entén que l'aprenentatge suposa un procés més o menys complex de (re)construcció del propi coneixement i d'autoregulació de la pròpia activitat d'aprendre (Galindo, Sanmartí, & Pujol, 2006; Pozo, 1999).

Com és sabut la major part de les teories científiques contemporànies sobre l'aprenentatge assumeixen una posició constructivista. La diferència fonamental d'aquestes teories en relació a la teoria directa i la interpretativa, rau en els pressupòsits epistemològics que s'assumeixen com a punt de partida. Si la teoria directa i la interpretativa comparteixen un realisme ingenu, en les teories constructivistes s'assumeix una visió més problemàtica

del coneixement, en què «diverses persones poden atribuir significats diferents a unes mateixes informacions, en què el coneixement pot tenir diferents graus d'incertesa, en què l'adquisició de coneixement implica necessàriament una transformació del contingut que s'aprèn i del propi aprenent» (Pozo et al., 2006, p. 126). Des d'aquesta concepció de l'aprenentatge és evident que el paper de l'alumne ja no pot ser passiu, ni tampoc actiu, sinó que ha de ser més productiu, perquè ha d'aportar coneixement i ha d'aprendre a pensar sobre el seu propi coneixement.

5 idees clau d'aquest apartat,

- l'activitat científica escolar s'ha de desplegar en dos àmbits d'actuació: l'àmbit de les dades i els fets, i l'àmbit de les idees, els models i les explicacions.
- Cadascun d'aquests àmbits està configurat per uns conjunts de pràctiques científiques que els alumnes portaran a terme a través de les tasques que els mestres planifiquin en les seves seqüències d'activitats. Els alumnes han de poder aplicar les pràctiques, però també reflexionar sobre el paper que tenen en la construcció de coneixement científic.
- És desitjable que hi hagi un equilibri entre tasques que tinguin com a producte les dades i tasques que tinguin com a producte els fets, així com que hi hagi un equilibri entre tasques que tinguin com a producte els fets i tasques que tinguin com a producte les idees
- El rol que es reserva als alumnes en el desenvolupament de les tasques d'una seqüència d'activitats es pot relacionar amb la concepció sobre l'aprenentatge que té el mestre que l'ha planificada.
- Un rol passiu es pot vincular a la teoria directa sobre l'aprenentatge, un rol passiu a la teoria interpretativa, i un rol productiu a les teories constructivistes.

Capítol 5. MARCS DE REFERÈNCIA PER A LA PLANIFICACIÓ EN CIÈNCIES

5.1. La importància dels marcs de referència per a la planificació

Allò que determina una bona planificació en relació a l'ACE no són només les tasques seleccionades, sinó també la distribució d'aquestes tasques al llarg de tota una seqüència d'activitats d'ensenyament.

L'ordre i la coherència amb què s'aniran presentant les tasques als alumnes és una de les decisions més importants del procés de planificació d'una seqüència d'activitats d'ensenyament, perquè la seqüència temporal de les tasques és el reflex de les concepcions sobre l'aprenentatge que tenen els docents i, al mateix temps, actua com un model sobre la naturalesa de l'activitat científica, és a dir, sobre què es fa i com es fa per generar coneixement científic.

Mikeska et al. (2009) identifiquen l'organització de la instrucció i dels recursos, i la capacitat d'implicar els alumnes en l'activitat científica, com dos dels problemes pràctics que els futurs mestres hauran d'afrontar en la seva vida professional.

La planificació de seqüències d'activitats d'ensenyament és una de les àrees d'interès de la recerca en didàctica de les ciències (Méheut & Psillos, 2004). Alguns autors parlen de seqüències d'ensenyament-aprenentatge (*teaching-learning sequences*) (Lijnse, 2004; Méheut & Psillos, 2004) o simplement de seqüències d'ensenyament (Leach & Scott, 2000, 2002); d'altres parlen de *models d'ensenyament (teaching models)* per referir-se a: «una seqüència d'estratègies d'ensenyament, tècniques i rutines, dissenyades amb

l'intenció de proporcionar un suport a l'aprenentatge al llarg de diverses sessions, en una unitat de treball centrada al voltant d'un tema científic» (Abell et al., 2010, p. 125).

Günckel usa el terme *model d'instrucció (instruction model)* i el defineix com: «un marc de referència dissenyat per ajudar els estudiants de mestre a planificar i ensenyar, a través de guiar-los en el procés de seqüenciar les activitats en experiències coherents d'aprenentatge» (Gunckel, 2011, p. 82).

En el present treball enlloc de parlar de models d'instrucció (*instrucció* és un terme que en el nostre context té un cert component pejoratiu), usem el terme marc de referència per a la planificació. Els marcs de referència per a la planificació també es poden entendre com a: «eines cognitives dissenyades per ajudar els mestres a comprendre, recordar i tractar els components importants de les noves orientacions curriculars quan planifiquen i porten a terme a l'aula les seves seqüències d'activitats» (Schwarz & Gwekwerere, 2007, 160).

Diversos autors consideren que aquests marcs de referència han de ser objecte d'aprenentatge en la formació inicial dels mestres donada la seva utilitat a l'hora de planificar i revisar l'acció docent, i també a l'hora d'avaluar críticament les propostes dels materials curriculars d'ús habitual (Abell et al., 2010; Gunckel, 2011; Schwarz & Gwekwerere, 2007).

5.2.Evolució dels marcs de referència per a la planificació en ciències

Els diversos marcs de referència per a la planificació que s'han proposat en l'àmbit de l'ensenyament de les ciències, han anat incorporant les novetats referides als processos d'aprenentatge i a l'evolució de les concepcions sobre la naturalesa de la ciència i de la ciència escolar. Totes les propostes assumeixen que cada tasca, o cada conjunt de tasques, té una funció estratègica al si de la seqüència. Això ha conduït sobretot a què es facin propostes de marcs de referència per a la planificació en què es distingeixen diferents fases successives amb funcions diferents per a les activitats i tasques que les conformen.

El model d'instrucció que podem considerar pioner és l'anomenat cicle d'aprenentatge (*learning cycle*) de Karplus i Thier (1967), i es pot afirmar que és l'antecedent de tots els models posteriors (Bybee et al., 2006). En la seva versió original, el cicle d'aprenentatge consta de tres fases: *exploració* (exploration), *introducció de conceptes* (concept introduction) i *aplicació* (concept application) (taula 2). Es tracta d'una proposta d'organització de les activitats en què l'exploració de fenòmens sempre és anterior a la introducció de conceptes.

Taula 2
Learning cycle
(Karplus & Thier, 1967)

Fase	Funció de les activitats
Exploració (<i>exploration</i>)	Proporcionar als alumnes experiències reals amb el fenomen a estudiar. Els alumnes exploren pel seu compte amb una guia mínima per part dels mestres.
Introducció de conceptes (<i>concept introduction o invention</i>)	El concepte és introduït i explicat pel mestre. Permetre als alumnes que construeixin idees científiques a través de la interacció entre companys, amb els llibres de text i/o amb la mestra.
Aplicació (<i>concept application</i>)	Fer que els alumnes apliquin les noves idees científiques adquirides a noves situacions o problemes.

Les crítiques a aquesta proposta es dirigeixen al fet que en aquest model no es presta atenció a les idees dels alumnes. Partint del cicle d'aprenentatge d'Atkin i Karplus, altres autors han proposat marcs de referència per a la planificació centrats en la reconstrucció conceptual, fruit del progressiu increment d'estudis i evidències sobre la existència i la importància de les concepcions alternatives dels alumnes (Sunal, 1992).

De la proposta inicial de cicle d'aprenentatge de Karplus i Thier, en van derivar noves propostes que incorporen noves fases o revisen les funcions de les ja existents. Independentment del nombre de fases que les noves propostes incorporen, sempre s'ha mantingut l'essència de la proposta inicial de situar l'exploració dels fenòmens com a fase prèvia a la introducció dels conceptes (Brown & Abell, 2007).

El model 5E, proposat originalment el 1989 per Roger Bybee, és la derivació del cicle d'aprenentatge que ha tingut més difusió al seu país d'origen, els EUA (Brown & Abell, 2007; Bybee et al., 2006) (taula 3). Incorpora les tres fases del cicle d'aprenentatge i n'afegeix dues més: *engage* i *evaluate*. La fase d'implicació (*engage*) es col·loca al principi de la seqüència i serveix bàsicament per captar l'atenció de l'alumne i per descobrir el seu coneixement sobre el tema. La fase d'avaluació (*evaluate*) es col·loca al final de la seqüència i serveix perquè el mestre avaluï el progrés del alumnes i perquè els alumnes prenguin consciència i reflexionin sobre els seus nous aprenentatges.

Taula 3
5E
(Bybee, 1989)

Fase	Funció de les activitats
Engage (implicar)	Captar l'atenció dels alumnes i fer explícits els seus coneixements i concepcions sobre el fenomen a estudiar a través d'activitats curtes prèvies a l'exposició dels nous conceptes científics.
Explore (explorar)	Proporcionar als alumnes experiències reals amb el fenomen a estudiar en les quals hagin d'usar les seves idees científiques inicials, i algunes habilitats científiques.
Explain (explicar)	Centrar l'atenció dels alumnes en un aspecte particular del fenomen i oferir possibilitats per demostrar llur comprensió de conceptes o procediments. Aquesta fase també ofereix l'oportunitat als mestres per introduir directament un concepte, procés o habilitat. Els alumnes exposen la seva comprensió del concepte. Una explicació del professor (o d'una altra font) pot guiar-los cap a un coneixement més profund, que és un aspecte crític d'aquesta fase
Elaborate (elaborar)	Fer que els alumnes apliquin les noves idees científiques adquirides a noves situacions o problemes. Desafiar i ampliar la comprensió conceptual dels estudiants o les seves habilitats, a través de noves experiències i problemes. Els alumnes apliquen la seva comprensió del concepte mitjançant la realització d'activitats en nous contextos.
Evaluate (avaluar)	Avaluar el progrés dels alumnes i fer que els propis alumnes reflexionin sobre els seus nous coneixements, i sobre el grau d'assoliment dels objectius d'aprenentatge.

Recentment Eisenkraft ha proposat incorporar dues fases més al model 5E per fer més evident als docents la importància de fer explícites les idees inicials dels alumnes, i de proposar situacions completament noves i distants a les quals els alumnes hagin de

transferir els coneixements adquirits (Eisenkraft, 2003).

A Catalunya, també es va proposar una versió del *cicle d'aprenentatge* com a model de seqüenciació (Jorba & Casellas, 1997). Tot i ser un instrument de planificació que es pot considerar de domini general, també ha estat adoptat per al cas concret de l'ensenyament de les ciències (Izquierdo et al., 1999; Pujol, 2003; Sanmartí, 2002) (taula 4).

Taula 4
Cicle d'aprenentatge
(Jorba & Casellas, 1997)

Fase	Funció de les activitats
Exploració	Evidenciar quines són les idees prèvies dels alumnes. També permet explicitar i negociar els objectius d'aprenentatge perquè l'alumnat se'ls representi
Introducció de nova informació	Obtenir nova informació en formats diversos (lectures, observacions, etc.) per afavorir la construcció de nou coneixement.
Estructuració	Integrar els nous coneixements a la xarxa existent a través d'activitats de síntesi i de reestructuració del nou coneixement.
Aplicació	Transferir el coneixement après i aplicar-lo a la resolució d'un problema o una situació pràctica en diferents contextos. Consolidar els nous aprenentatge i reconèixer-ne la seva utilitat.

El model 5E i l'adaptació del cicle d'aprenentatge de Jorba i Casellas comparteixen una concepció de l'aprenentatge d'inspiració constructivista, tot i que no tinguin per objectiu explícit el canvi conceptual. De manera general impliquen el disseny d'activitats per explorar les idees dels alumnes vinculades a l'exploració d'algun fenomen de la realitat, activitats per introduir noves informacions, activitats per revisar les idees inicials i estructurar i sintetitzar allò après i, finalment, activitats per aplicar els nous coneixement a noves situacions.

Tot i ser bons instruments per a la planificació, el seu referent principal no són les pràctiques característiques de l'activitat científica sinó, tal com s'ha indicat, el procés general d'aprenentatge.

Recentment han aparegut nous marcs de referència per a la planificació que també s'inspiren en la idea inicial de cicle d'aprenentatge, però que posen un èmfasi més explícit en les pràctiques científiques que es pretenen promoure, especialment els processos relacionats amb la construcció i revisió de models. A continuació n'exposem tres exemples, perquè els considerem un pas endavant en relació a les estratègies i instruments de planificació de l'activitat científica escolar.

Un primer exemple és el model EIMA (*Engage-Investigate-Model-Apply*). Es tracta d'una adaptació del model 5E que incorpora específicament els components d'investigació i modelització (Schwarz & Gwekwerere, 2007). El model pretén que els mestres impliquin els alumnes en investigacions científiques guiades per l'objectiu central de construir, usar i revisar models científics (taula 5).

Taula 5

EIMA (engage-inquiry-modeling-applying
(Schwarz & Gwekwerere, 2007)

Fase	Funció de les activitats
Implicar (<i>engage</i>)	Implicar els alumnes en el tema i explicitar les seves idees inicials
Investigar (<i>inquiry</i>)	Ajudar els alumnes a investigar sobre el tema (fenomen o idees), prioritzant la recollida de dades i la seva posterior anàlisi per obtenir patrons.
Modelitzar (<i>modeling</i>)	Ajudar els alumnes a crear models (representacions que serveixen per explicar les causes del fenomen i/o per representar els patrons observats en el fenomen). Ajudar els alumnes a crear explicacions (afirmacions que aporten una causa al fenomen i que resulten de l'aplicació d'un model). Comparar i reconciliar els models i explicacions dels alumnes amb els models i explicacions científics.
Aplicar (<i>applying</i>)	Demandar als alumnes que apliquin els models o explicacions a noves situacions.

Gunckel (2010) proposa un segon model d'instrucció que anomena I-AIM (*Inquiry-Application Instructional Model*). Aquest model el proposa com a element de suport a la planificació i l'anàlisi de seqüències d'activitats que posin l'èmfasi en tres aspectes: (i) la

investigació amb dades reals i la posterior identificació de patrons durant la investigació; (ii) el canvi conceptual; i (iii) l'aplicació del coneixement adquirit a noves situacions (taula 6).

Taula 6
I-AIM (inquiry-application instructional model)
(Gunckel, 2011)

Fase	Funció de les activitats
Preguntar	Establir una pregunta. Fer explícites les idees dels alumnes sobre la pregunta.
Explorar i investigar	Explorar el fenomen i obtenir patrons. Explorar les idees dels alumnes sobre els patrons.
Explicar	Desenvolupar les explicacions dels alumnes. Introduir les idees científiques. Comparar les idees científiques amb les idees dels alumnes i revisar les idees dels alumnes.
Aplicar	Practicar amb suport del mestre. Practicar disminuint progressivament el suport del mestre.

Finalment Schwarz et al. (2009) plantegen un model estrictament centrat en el procés de construcció, avaluació i revisió de models, perquè el consideren el nucli central de l'activitat científica escolar (taula 7). A la vegada incorporen el que anomenen activitats *metamodelitzadores* (en cursiva a la taula). L'èmfasi el posen en la construcció i posterior revisió d'un model i per això no hi ha una fase inicial d'exploració o investigació del fenomen, sinó que després d'una pregunta o d'una activitat per explorar el fenomen, breu però significativa, de seguida es proposa la construcció de models. Els models construïts es posen a prova empíricament de manera que es retorna a l'exploració en fases següents. Es tracta, per tant, d'un model que planteja clarament un vaivé entre la gènesi de models i la gènesi de dades/evidències, en què l'obtenció de dades té la funció central de servir a la comprovació empírica i posterior revisió del model proposat.

Malgrat l'existència de tots aquests marcs de referència per a la planificació, alguns estudis realitzats en els països on més s'apliquen (EUA), mostren que no solen ser utilitzats habitualment pels estudiants ni pels mestres en les seves planificacions

(Gunckel, 2011; Schwarz & Gwekwerere, 2007), ni tampoc són utilitzats en els materials curriculars que s'editen.

Taula 7
MoDels
(Schwarz et al., 2009)

Fase	Funció de les activitats
Fenomen i preguntes que serveixen d'ancoratge (anchoring phenomena)	Introduir preguntes-guia i fenòmens relacionats amb un determinat concepte. Usar els fenòmens que requereixen l'ús d'un model per comprendre'ls.
Construir un model (construct a model)	Crear un model inicial que expressi una idea o hipòtesi. <i>Discutir el propòsit i la naturalesa dels models.</i>
Posar empíricament a prova el model (empirically test the model)	Investigar el fenomen predit i explicat pel model.
Avaluar el model (evaluate the model)	Retornar al model inicial i comparar-lo amb els resultats empírics. <i>Discutir les qualitats per a l'avaluació i revisió.</i>
Contrastar el model amb altres idees/models (test the model against other ideas)	Contrastar el model amb altres teories, lleis, etc.
Revisar el model (revise the model)	Canviar el model per adequar-hi la nova evidència. Comparar els models en competència, i construir un model consensuat.
Usar el model per predir o per explicar (use the model to predict or explain)	Aplicar el model a la formulació de prediccions i a explicar altres fenòmens.

No tenim coneixement que a Catalunya s'hagi proposat un marc de referència per a la planificació d'aquest estil, i el que els estudiants i els docents tenen a disposició, fa referència al cicle d'aprenentatge de Jorba i Casellas (Departament d'Ensenyament, 2008). Tot i això, el cicle d'aprenentatge té una presència real molt escassa a les aules de primària.

5.3. La coherència i la continuïtat en una SAE

Les recents propostes de reforma per a l'ensenyament de les ciències, sobretot les que venen dels EUA, assenyalen la importància que en el model d'activitat científica escolar que es proposi als alumnes hi hagi una bona integració entre els continguts teòrics i les pràctiques d'activitat científica, perquè s'assumeix que aquesta integració garantirà una comprensió profunda de la ciència tant en la seva dimensió conceptual com en la seva dimensió epistemològica. Això implica que els mestres han de planificar oportunitats per implicar els alumnes en un tipus d'activitat científica escolar que els ajudi a veure les connexions entre els continguts conceptuals i les pràctiques científiques, a mesura que es desenvolupa la seqüència d'activitats.

Per fer això, s'ha proposat organitzar l'ensenyament usant el que s'ha anomenat *coherent science content storyline* (CSCS) (Roth & Garnier, 2006; Roth et al., 2011). Partir de la idea de CSCS, suposa entendre que una SAE ha de ser entesa com una narració i que, per tant, l'eix vertebrador de la SAE el configurarà el fil narratiu que progressivament s'anirà desplegant. Una seqüència d'activitats que vulgui reflectir el perfil d'activitat científica escolar que hem descrit en l'apartat anterior, no pot ser una successió de breus investigacions empíriques inconnexes entre elles. Més aviat, hauria de ser una successió ben articulada de moments d'activitat centrats en l'obtenció d'evidències i moments d'activitat centrats en la construcció i defensa d'explicacions en base a models. En una seqüència d'aquest estil, una successió de bones preguntes investigables i explicatives pot fer de fil conductor.

Organitzar una SAE com una narració permet construir un model científic final a través de la selecció i seqüenciació intencionada d'idees/models que es van construir uns a partir dels altres (Zemba-Saul et al., 2013). La idea de CSCS es va desenvolupar a partir de les observacions de com s'ensenyen ciències en països amb resultats alts en les proves TIMSS, en què es constata que les idees científiques ocupaven una posició central en el model d'ensenyament, i en què les activitats experimentals (manipulatives, *hands-on*) estaven intencionalment relacionades les unes amb les altres i, sobretot, amb les idees científiques que conformaven el contingut de la SAE.

Tal com s'ha dit, construir explicacions implica que els alumnes usen les idees, models i conceptes científics per donar sentit a les dades i evidències obtingudes. Com que la idea de SAE com a narració situa les idees en un lloc central, usar aquest plantejament com estratègia de planificació pot ajudar a crear seqüències d'activitats que ofereixin múltiples oportunitats als alumnes per desenvolupar explicacions i validar-les amb l'evidència que ells mateixos han obtingut. Quan el centre d'interès d'una SAE es situa només en la investigació empírica i l'establiment de fets (l'experimentació), les oportunitats de construir explicacions disminueixen.

Aquesta visió d'una SAE com a narració es contraposa amb les propostes que se solen portar a terme en realitat a l'aula quan es vol incorporar la investigació dels alumnes i que prioritzen les activitats manipulatives (*hands-on*) per sobre de les activitats de raonament (*minds-on*) i d'evolució de models. Alguns estudis han posat de manifest que hi ha diferències en l'estructura i les activitats de les SAE implementades a l'educació primària en diferents països, però que el predomini de les activitats *hands-on* és força freqüent a tot arreu (Roth et al., 2006).

Roth et al. (2011) proposen una sèrie d'estratègies d'ensenyament que poden ser útils a l'hora de construir una SAE com a narrativa (extret i adaptat de Zembal-Saul et al., 2013, p. 48):

- *«Identificar com a objectiu d'aprenentatge un model científic escolar ben definit i exposat en forma d'un conjunt d'idees i fets científics ben descrits.*
- *Identificar clarament la pregunta marc que guiarà tota la seqüència i que ha d'estar ben alineada amb la idea científica o model científic escolar definits com a objectius d'aprenentatge.*
- *Les activitats han d'alinejar-se amb l'objectiu d'aprenentatge i la pregunta marc. Les activitats i investigacions que es proposa als alumnes han de permetre als alumnes interactuar i observar fenòmens relacionats amb el model científic que es té per objectiu. En la mesura del possible les investigacions han de permetre recollir dades que puguin ser usades com a evidències a l'hora de construir explicacions vinculades al model científic escolar, i per això han de ser seleccionades intencionadament.*
- *Les representacions del contingut s'alineen amb el model científic que és objecte d'aprenentatge.*
- *Les idees científiques implicades han d'estar relacionades les unes amb les altres i entre totes han de configurar un model científic articulat.*
- *Les idees científiques clau i les activitats han d'estar seqüenciades de manera adequada».*

5.4. Els patrons d'activitat científica d'una SAE

Els marcs de referència per a la planificació que s'han presentat fins ara especifiquen unes fases que faciliten la planificació de l'estructura general d'una seqüència d'activitats, però no descriuen, ni prescriuen, com es desenvoluparà l'activitat científica escolar al si d'aquesta estructura general, ni com s'anirà descabdellant el fil narratiu de la SAE. Això passa sobretot amb els primers marcs de referència per a la planificació que hem presentat (*learning cycle*, *5E* i *cicle d'aprenentatge*), i passa una mica menys en els models més recents (*EIMA*, *I-AIM*, *MoDels*).

En general, la mirada que adopten sobre la seqüència és molt global, perquè tots aquests marcs de referència s'organitzen en diverses fases que poden arribar a incloure un conjunt ampli d'activitats i tasques. No queda clar però, de quines maneres concretes es pot organitzar l'activitat científica dels alumnes.

Per això en aquest treball ens hem proposat identificar quins són els *patrons d'activitat científica* que apareixen en les planificacions que elaboren els estudiants. Un patró d'activitat científica emergeix com un conjunt de tasques estretament vinculades entre elles en les quals es proposa als alumnes portar a terme un conjunt coherent de pràctiques científiques. Usem el terme patró, perquè ens recorda que es tracta d'un espai ben delimitat d'activitat científica dels alumnes, i que manté una coherència interna.

En molt poques ocasions, hem trobat a la literatura consultada alguna referència al que nosaltres hem anomenat *patrons d'activitat científica*, sobretot a l'hora de descriure l'activitat científica escolar que els mestres plantegen als seus alumnes. Normalment les descripcions adopten un caràcter més general, més proper a la idea de fase en un marc de referència per a la planificació. Al nostre entendre, els patrons d'activitat científica ens han de permetre una caracterització més fina de les dinàmiques que els mestres o estudiants plantegen als seus alumnes. Una referència que hem trobat que té un gran paral·lelisme amb aquesta idea de patró d'activitat científica són les *POE sequences* (*predict, observe, explain*) (Haysom & Bowen, 2010; Palmer, 1995).

D'acord al model de ciència escolar i d'activitat científica escolar que hem exposat en el capítol anterior, hem de considerar que un perfil d'activitat científica escolar ric i en coherència amb aquests models hauria de mostrar una varietat de patrons d'ACE, que mobilitzin l'acció dels alumnes en tots els àmbits d'actuació científica, que vinculin de manera coherent, i seguint un fil narratiu clar, les tasques pròpies de l'àmbit d'actuació de les dades i els fets amb les tasques de l'àmbit d'actuació de les idees, models i explicacions. També seria desitjable que, almenys en alguns casos, aquests patrons incorporessin tasques amb continguts de caràcter epistemològic.

4 idees clau d'aquest apartat,

- Els marcs de referència per a la planificació poden ajudar als estudiants i als mestres a organitzar l'estructura general d'una seqüència d'activitats.
- Per a l'ensenyament de les ciències s'han proposat diversos marcs de referència per a la planificació, que no sempre tenen en compte de manera explícita l'ús de les pràctiques científiques.
- Una seqüència d'activitats es pot concebre com una narració, en la qual hi ha una relació integrada i coherent entre les tasques que successivament es van plantejant als alumnes.
- Un patró d'activitat científica l'entendem com un conjunt de tasques estretament vinculades entre elles en les quals es proposa als alumnes portar a terme un conjunt coherent de pràctiques científiques.
- Els patrons d'activitat científica permeten descriure en un gra molt fi l'activitat científica escolar que es planteja als alumnes en una seqüència d'activitats.

Capítol 6. Coneixement Didàctic per a l'Ensenyament de les Ciències (Cdec)

Aplicar a l'aula un model d'activitat científica escolar com el que s'ha presentat en els capítols anteriors, en què els processos d'investigació empírica i l'evolució dels models teòrics i epistemològics dels alumnes ocupen un lloc central, comporta que els mestres disposin d'un coneixement didàctic específic, que no seria exactament el mateix si el model d'ACE a promoure fos un altre. Els fonaments d'aquest coneixement didàctic s'han de situar durant el període de formació inicial i s'haurien de poder avaluar i revisar al llarg de tota la vida professional com a mestres (Mellado et al., 1998; Mikeska et al., 2009). Estem parlant de la necessitat de definir un coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències (CDec), orientat específicament a planificar i implementar un model de ciència escolar i d'ACE com els que s'han exposat anteriorment.

El CDec que necessiten els futurs mestres per implementar un model de ciència escolar i d'ACE com el que s'ha descrit, probablement és lluny, en molts dels seus components, del que la recerca ha posat de manifest que tenen els estudiants de mestre. Tot i així, els estudiants tenen el seu propi CDec quan inicien la seva formació inicial en didàctica de les ciències, de manera que el procés de formació necessàriament s'ha de concebre com un procés d'evolució conceptual, amb processos d'enriquiment però també de canvi conceptual més radical (Carey, 2000). Igual com passa amb les concepcions científiques dels alumnes, els coneixements, les concepcions i les creences dels estudiants de mestre sobre els diversos aspectes implicats en l'ensenyament de les ciències, actuen a la vegada com a obstacles i com a possibilitats per a l'adquisició de, en aquesta ocasió, nou coneixement didàctic.

Existeix un ampli consens en la comunitat investigadora a l'hora de considerar que les concepcions, els coneixements i les creences dels docents influeixen la seva pràctica (Bryan, 2012; Pajares, 1992), tant en el moment de planificar una SAE com en el moment d'intervenir a l'aula. És per això que en el present treball tractem d'emmarcar l'evolució dels models d'ACE que observem en l'anàlisi de les seqüències d'activitats planificades per diversos grups d'estudiants en hipotètics canvis o continuïtats en les creences i els coneixements didàctics d'aquests estudiants, perquè assumim que la possible evolució dels models d'ACE és paral·lela a l'evolució dels propis models didàctics.

En aquest capítol parlarem del concepte de coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències, del paper clau que tenen les orientacions cap a l'ensenyament de les ciències en el conjunt d'aquest coneixement didàctic, i dels factors que sabem que influeixen en l'acte de planificació d'una seqüència d'activitats.

6.1. El coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències

En l'estudi del coneixement professional dels docents disposem d'un concepte al nostre parer molt útil: el Coneixement Didàctic del Contingut (CDC), o *Pedagogical Content Knowledge (PCK)* (Abell, 2008; Shulman, 1986, 1987).

Va ser proposat per Lee S. Shulman que l'identifica com un dels set coneixements professionals dels docents que es poden considerar bàsics, i el contempla com un tipus de coneixement singular i propi dels docents, diferent al de l'expert en la matèria o al del pedagog (Shulman, 1987). Es defineix com un coneixement que: «inclou els tòpics que més regularment s'ensenyen en una àrea, les formes més útils de representació de les idees, les analogies, il·lustracions, exemples, explicacions i demostracions més potents, en una paraula, les formes de representar i formular la matèria per fer-la comprensible» (Shulman, 1986, p. 9). Des de la seva formulació inicial s'ha convertit en un dels principals conceptes de referència en els estudis sobre el coneixement dels docents per a l'ensenyament en àrees específiques, entre elles les ciències (Abell, 2007, 2008; Gess-Newsome & Lederman, 1999; Mellado et al., 1998; Mellado, 1998).

Com que el coneixement didàctic del contingut és de domini específic, es pot parlar d'un coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències (CDec). El model teòric de CDec més utilitzat com a referent és el proposat per Magnusson, Krajcik i Borko (1999), que es fonamenta en les aportacions de Shulman (1986, 1987) i de Grossman (1990). Aquest model es mostra a la figura 9 i es descriu breument en els paràgrafs següents.

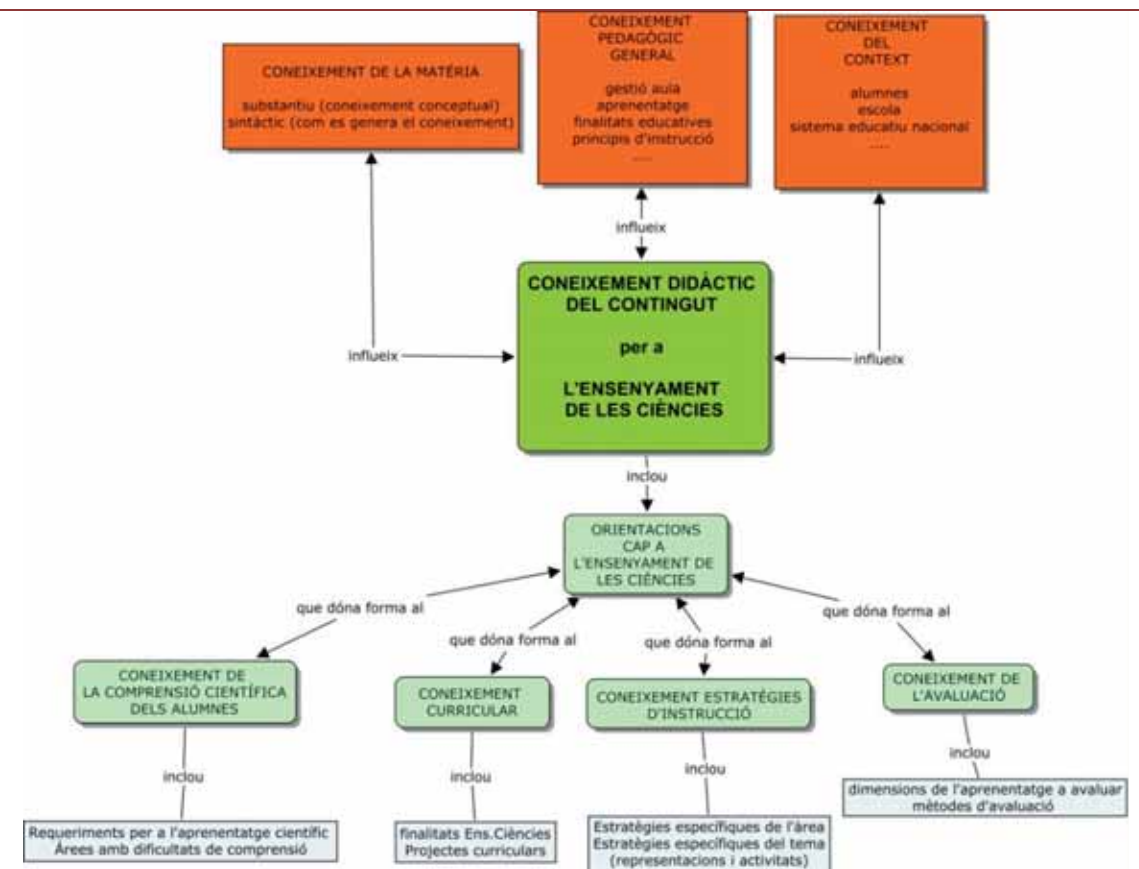


Figura 9. Components del CDec segons la proposta de Magnusson et al. (1999)

Magnusson, Krajcik i Borko, defineixen el CDec com:

«el coneixement que té un mestre de com ajudar els alumnes a comprendre un contingut específic. Inclou el coneixement de com es poden organitzar, representar i adaptar una sèrie de continguts, temes i problemes per als diversos interessos i habilitats dels alumnes, i després, presentar-los en la instrucció» (Magnusson et al., 1999, p. 96).

Els autors consideren que el CDec és el resultat de la «transformació de diferents tipus de coneixements per a l'ensenyament» (Magnusson et al., 1999, p. 95) que procedeixen de tres grans dominis: (i) el coneixement i les creences sobre la matèria; (ii) el coneixement i les creences pedagògiques de caràcter general, i (iii) el coneixement i les creences sobre el context (figura 9, part superior).

Fruit de la transformació d'aquests tres tipus de coneixement, i seguint els plantejaments de Grossman (1990), consideren que el CDec està conformat per cinc components: (i) les orientacions cap a l'ensenyament de les ciències; (ii) el coneixement i les creences sobre el currículum científic; (iii) el coneixement i les creences sobre la comprensió que tenen els alumnes de tòpics científics específics; (iv) el coneixement i les creences sobre l'avaluació en l'ensenyament de les ciències, i (v) el coneixement i les creences sobre les estratègies d'ensenyament de les ciències (figura 9, part inferior).

El model de CDec de Magnusson et al. (1999), és un model teòric (*top-down*) que identifica els elements que a parer dels autors conformen el CDec. Com a tal model teòric ha de ser avaluat i revisat en base a l'evidència empírica que la recerca en aquest àmbit va generant.

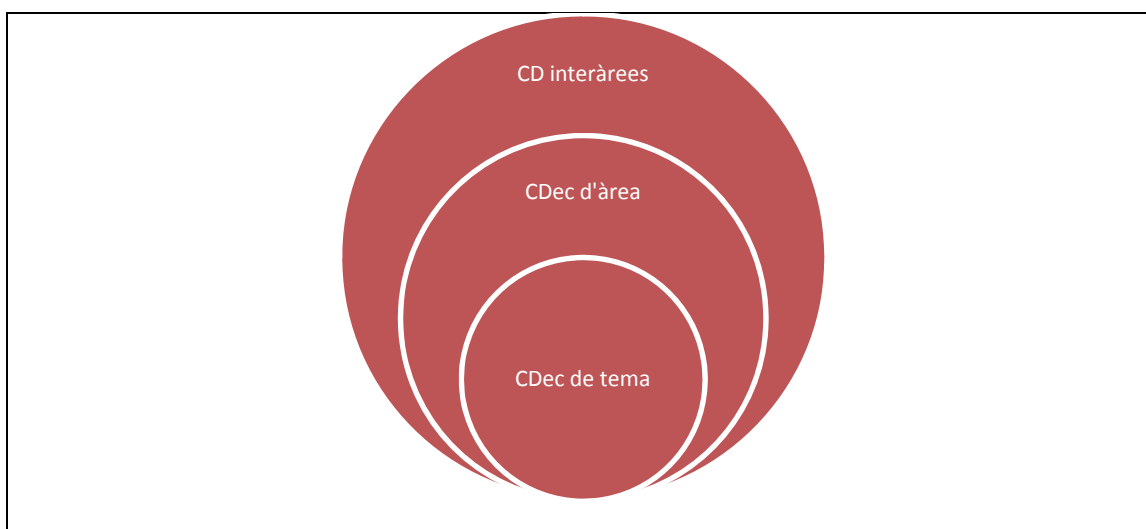


Figura 10. Nivells jeràrquics del CDec

Alguns autors destaquen la forta vinculació del CDec amb uns continguts conceptuals específics (*topic-specific*) i restringeixen l'ús del terme gairebé només a aquests casos (Hashweh, 2005; Loughran, Mulhall, & Berry, 2004; van Driel, Verloop, & de Vos, 1998). Altres autors plantegen l'existència d'una hipotètica jerarquia en el CDec que aniria des del coneixement didàctic més específic vinculat a un contingut molt concret (nutrició de les plantes, llum, so, forces, relacions ecològiques, etc.), fins al coneixement didàctic vinculat al conjunt d'una àrea (les ciències) (Veal & McKinster, 1999), o fins i tot més enllà (figura 10). Aquest darrer és el plantejament que adoptem en el present treball.

6.2. El paper clau de les *orientacions* en el CDec

Com es mostra a la figura 9, en el model de CDec de Magnusson et al. (1999) s'atorga un paper central al component anomenat *orientacions per a l'ensenyament de les ciències* (per abreujar ens hi referirem simplement com a *orientacions*), perquè és el component que dóna forma als altres quatre, i al mateix temps és conformat pels altres quatre. Malgrat els autors estableixen vincles entre les *orientacions* i els altres components, no descriuen com es configuren aquestes relacions entre uns i altres, tot i ser un element crític del model.

Els autors defineixen les *orientacions* com: «els coneixements i creences dels docents sobre els propòsits i finalitats de l'ensenyament de les ciències en un determinat nivell educatiu», però també afegixen que: «una orientació representa una manera general de veure o de conceptualitzar l'ensenyament de les ciències» (Magnusson et al., 1999, p. 97). És aquesta segona accepció del terme *orientacions* el que ens és útil en el present treball, perquè considerem que els coneixements i creences dels docents sobre els pròpòsits i les finalitats de l'ensenyament de les ciències podrien ser considerats com una component de les *orientacions* quan aquestes les entenem com la conceptualització de les diverses formes d'ensenyar ciències.

Així doncs, en el present treball entenem que les *orientacions cap a l'ensenyament de les ciències* representen una manera general de representar-se l'ensenyament de les ciències. Aquesta definició s'ajusta més a la que Anderson i Smith (1987) ja van proposar quan van introduir el concepte *orientacions* per primera vegada per referir-se a les diferents aproximacions a l'ensenyament de les ciències que havien observat en els mestres investigats, definint-les com: «[els] patrons generals de pensament i conducta relacionats amb l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències; una orientació representa una manera general de veure o de conceptualitzar l'ensenyament de les ciències» (Anderson & Smith, 1987, p. 50).

Observant les seqüències reals d'activitats que els mestres plantejaven als seus alumnes, partint d'uns mateixos materials curriculars, Anderson i Smith (1987) van identificar i descriure quatre tipus diferents d'orientacions: (1) centrat en les activitats (*activity-driven teaching*), (2) transmissió (*didactic teaching*), (3) descoberta (*discovery teaching*), i (4) canvi conceptual (*conceptual change teaching*). Magnusson et al. (1999, p. 100), per la seva banda, distingeixen nou *orientacions*: *process, academic rigor, didactic, conceptual change, activity-driven, discovery, project-based science, inquiry* i *guided inquiry*.

Alguns autors han qüestionat l'existència real d'aquestes nou *orientacions* (Friedrichsen, Driel, & Abell, 2011), donat que o bé no hi ha evidències empíriques de la seva existència, o les que hi ha són quantitativament molt poques. Al nostre entendre uns dels problemes del constructe *orientacions* és que per als casos particulars presumptament identificats no queden sempre clares les característiques que defineixen cada orientació i quina manifestació concreta haurien de tenir en les planificacions o accions dels docents. Així, alguns estudis mostren (Davis & Smithey, 2009), que tant les planificacions de SAE com la seva implementació a l'aula mostren moltes subtilitats que sovint fan difícil integrar-les en un model *a priori* i, menys quan aquest model realment no està ben definit del tot.

Per això, Friedrichsen, Driel i Abell (2011) proposen una revisió crítica del concepte *orientacions* i reclamen la necessitat de precisar-ne el significat, tot proposant una concepció més flexible del concepte, que defineixen com: «un conjunt de creences amb les següents dimensions: finalitats i propòsits de l'ensenyament de les ciències, visions sobre la ciència i creences sobre l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències»

(Friedrichsen et al., 2011, pp. 358–359). Des del nostre punt de vista, tot i que certament els estudiants de mestre tenen una certa concepció sobre la ciència experta, normalment aquesta és poc coherent i sistemàtica (Tsai, 2002), i això és degut a que poques vegades durant la seva formació prèvia al magisteri han reflexionat de manera explícita sobre la naturalesa de la ciència i la producció de coneixement científic. Normalment les concepcions sobre la ciència dels estudiants de magisteri estan molt condicionades per les seves concepcions sobre l'ensenyament de les ciències, i unes i altres són difícils de distingir perquè hi ha una frontera molt difusa entre elles (Avraamidou & Zembal-Saul, 2010).

Així doncs, en el present treball considerem que les *orientacions cap a l'ensenyament de les ciències* dels estudiants de mestre tenen un paper clau com a element que configura la forma com es va conformant el seu coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències, i que aquestes orientacions són un conjunt de creences sobre la ciència, el seu ensenyament, i el seu aprenentatge. Aquest conjunt de creences poden estar més o menys ben integrades entre elles, però acaben configurant un patró general de pensament i conducta dels estudiants en relació a l'ensenyament de les ciències, que influeix en la seva planificació i acció.

L'evidència disponible no és suficient, ni conclouent, per dirimir sobre si es tracta d'un sistema de creences (integrat) o d'un conjunt de creences (dispers). En aquest sentit alguns estudis posen de manifest l'existència d'una interrelació entre les diverses creences (sobre la ciència, sobre l'ensenyament i sobre l'aprenentatge) i consideren que és possible establir *perfils de creences interrelacionades* (Bryan, 2003; Tsai, 2002; Volkman, Abell, & Zgagacz, 2005).

Altres estudis conclouen que tot i que hi ha una certa correlació entre creences, probablement és més útil concebre el sistema de creences dels mestres com un perfil obert, canviant i contextualment situat, que no pas com un sistema de creences coherent que permeti encaixar-lo fàcilment en models didàctics preestablerts (Tsai, 2002). En aquest sentit un estudi fet amb mestres de primària mostra com poden tenir múltiples orientacions, incloent aquelles que tenen finalitats incompatibles, la qual cosa pensem que és una mostra que, en general, no es tracta d'un coneixement teòric reflexionat i explícit, sinó que és més aviat un coneixement tàcit, útil per a l'acció, i poc reflexiu (Smith &

Neale, 1989). Semblaria doncs, que la realitat dels mestres i estudiants és molt més polièdrica i flexible del que les necessàries categoritzacions de la investigació educativa a vegades ens fa creure, però cal molta més recerca en aquesta direcció.

Per això, hi ha autors que enlloc d'acollir-se a les categories d'orientacions preestablertes, citades en paràgrafs anteriors, proposen pensar les orientacions dels mestres a partir de seleccionar una sèrie de dimensions per a cadascuna de les quals estableixen un continu amb dos extrems. Així per exemple, Lotter, Harwood i Bonner (2007) proposen quatre dimensions: sobre la ciència, sobre els propòsits generals de l'educació, sobre els alumnes i sobre la idea d'ensenyament efectiu. Per a cadascuna d'aquestes dimensions, defineixen dos extrems d'un continu: per a la concepció de *ciència*, dels fets als processos; per a la concepció sobre els *propòsits generals*, de rebre informació a desenvolupar habilitats de resolució de problemes; per a la concepció sobre els *alumnes*, de tenir habilitats limitades a tenir habilitats àmplies; per a la concepció sobre un ensenyament efectiu, d'un model de transmissió d'informació a un model que promogui el pensament autònom. Aquesta forma de descriure el coneixement didàctic dels docents la considerem més útil i més ajustada a les dades empíriques disponibles.

6.3. Factors que influeixen en la planificació d'una SAE

Des d'un punt de vista teòric, podem distingir dos moments en el procés de concretar l'activitat científica escolar en una determinada proposta d'aula. Un primer moment correspon a la fase de planificació (fase proactiva), prèvia a la intervenció, i un segon moment correspon a la fase d'acció a l'aula (fase interactiva) (Shulman, 1986, 1987).

Ambdues fases es desenvolupen en contextos diferents i, al nostre entendre, impliquen la mobilització de coneixements i habilitats diferents. En la vida professional actuen totes dues, però en el marc de la formació inicial, es pot treballar més amb els estudiants la fase de planificació, que no pas la fase d'acció a l'aula, donat que normalment no hi ha oportunitats reals de què tots els estudiants que cursen les assignatures de didàctica de les ciències realitzin un període de pràctiques relacionat amb l'ensenyament en aquesta àrea.

Hipotèticament, podríem situar els perfils d'activitat científica escolar presents en una determinada seqüència d'activitats en algun punt d'un continu que aniria des dels models que no tenen cap component d'investigació (que habitualment anomenem *tradicionals*), als models més innovadors amb components d'investigació i de modelització (Furtak, 2006; Navarro, 2009) i, podem assumir, que aquesta ubicació està condicionada pel CDec de les persones que han planificat la seqüència.

L'esquema de la figura 11 pretén il·lustrar el fet que quan els estudiants o els mestres planifiquen una determinada SAE, hi ha diversos coneixements que conformen el seu CDec que influeixen en l'acte de planificar, especialment les orientacions, enteses com un conjunt de creences més o menys articulades sobre la ciència i sobre els processos d'ensenyament-aprenentatge de les ciències. Altres components del CDec també tindran influència en la concreció d'alguns aspectes de la planificació (per exemple: l'avaluació) i per decidir quines tasques concretes es plantejaran als alumnes (per exemple: coneixement d'estratègies i recursos per a l'ensenyament).

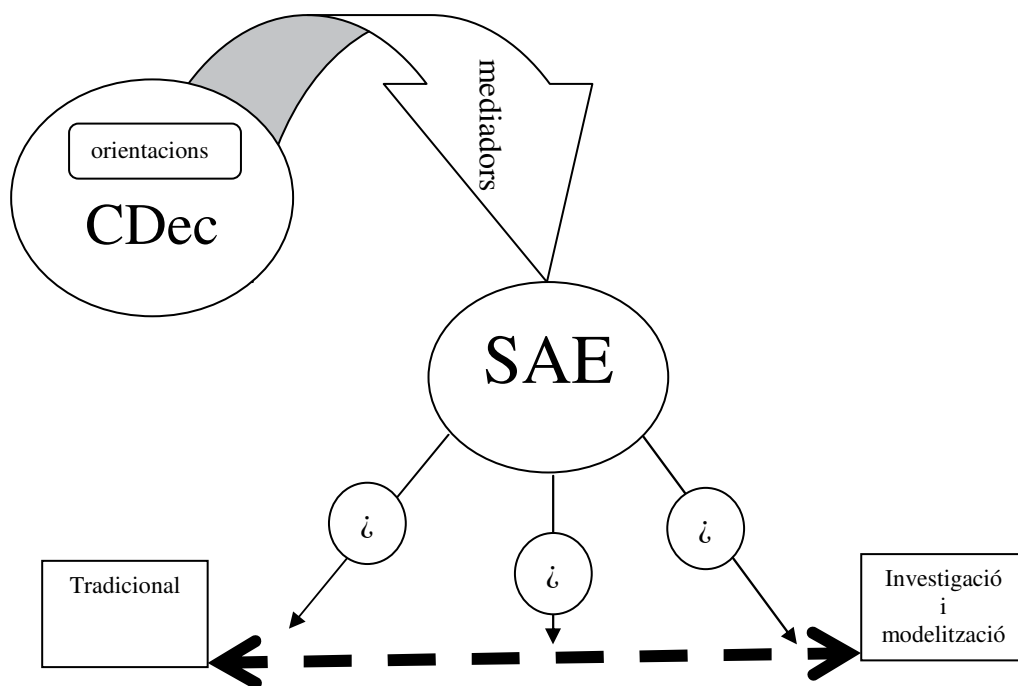


Figura 11. Elementst que intervenen en el procés de planificació d'una SAE

És des d'un determinat CDec que es planifica una SAE, però quan els estudiants o mestres porten a terme l'acció de planificar, també actuen una sèrie de mediadors que poden ser derivats del propi CDec (orientacions i altres coneixements didàctics) o bé provinents d'altres fonts. Com a mediadors externs s'han citat, sobretot, els materials curriculars disponibles, el context escolar on es porta a terme l'acció (en el cas que estiguem analitzant la implementació de la SAE i no només la planificació), i la pròpia experiència de l'estudiant o del mestre en l'aprenentatge de les ciències. Sigui com sigui, la majoria d'autors coincideixen a afirmar que la influència més pregonada per a l'acció docent (planificació o actuació a l'aula) són les orientacions, que actuen com un filtre (Bryan, 2003, 2012; Pajares, 1992).

La SAE finalment elaborada es pot situar en un punt o altre del continu dels perfils d'ACE. Per a cada SAE planificada per un mateix estudiant o mestre, pot ser que es vehiculin creences i coneixements diversos i que actuïn mediadors diversos, de manera que, hipotèticament, no totes les SAE haurien de situar-se en el mateix punt del continu de perfils d'ACE, però sí en una zona propera, perquè fins que no es produeix un canvi substancial en les creences i/o coneixements que configuren les orientacions (creences sobre la ciència, sobre l'ensenyament i sobre l'aprenentatge), no es produeix un salt important en els perfils d'activitat científica escolar.

En els apartats següents resumim el que la recerca ha aportat, sobre l'efecte d'alguns dels mediadors que hem assenyalat anteriorment.

6.3.1. Concepcions i creences sobre l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències

S'han fet molts treballs per identificar les creences dels docents i per analitzar la possible influència d'aquestes creences en la seva pràctica. La majoria d'autors defensa que existeix una influència entre creences i pràctiques, de manera que les creences actuarien com a filtres que condueixen els docents a redefinir, distorsionar o interpretar la informació de diferents maneres (Bryan, 2012; Pajares, 1992; Richardson, 1994).

Aquests estudis també mostren que les creences són molt difícils de canviar perquè, en part, es basen en el coneixement pràctic que els docents desenvolupen al llarg de llur experiència professional.

Per a l'ensenyament de les ciències, s'accepta que hi ha tres tipus de creences molt influents relacionades amb el component *orientacions* que són les creences sobre la naturalesa de la ciència; les creences sobre l'aprenentatge de les ciències; i les creences sobre l'ensenyament de les ciències.

En relació a les creences i concepcions sobre la ciència les investigacions amb estudiants de mestre indiquen que normalment hi ha un predomini de concepcions empiristes (Hanuscin, Lee, & Akerson, 2011), basades en una perspectiva epistemològica propera al realisme ingenu (Izquierdo & Aliberas, 2004). Així mateix, la majoria de mestres no contempen el paper que els models i la modelització tenen en la construcció del coneixement didàctic (Justi & Gilbert, 2003), i conceben l'activitat científica com una sèrie de passos ben definits i successius, és a dir, sostenen la idea de "mètode científic" (Windschitl et al., 2008). Sens dubte, és un gran repte per a la formació inicial de mestres ser capaços de (re)construir aquestes concepcions.

En relació a les creences i concepcions sobre l'aprenentatge les investigacions amb estudiants de mestre indiquen que molts d'ells entenen l'aprenentatge com un procés de recepció mecànica de cossos de coneixement ben definits, i que es pot reconèixer que els alumnes han après quan podem observar que són capaços de seguir uns procediments o de recordar uns continguts teòrics (Patrick & Pintrich, 2001). Es tractaria d'una visió de l'aprenentatge propera al que s'ha identificat com a teoria directa o com a teoria interpretativa (Pozo et al., 2006).

A més a més, molts estudiants consideren que l'aprenentatge depèn d'una sèrie de característiques força estables que són fora del control del mestre. La característica més important seria la intel·ligència entesa com una capacitat relativament fixa que limita l'aprenentatge dels alumnes. S'accepta que els alumnes tenen unes capacitats vinculades a l'edat i que cal ensenyar *en* funció d'aquestes capacitats, que sempre són vistes com a

limitadores (Metz, 1997; NRC, 2007). Un altre factor que els estudiants consideren determinant per a l'aprenentatge és la motivació, que es concep com un tret gairebé immutable del caràcter i d'una naturalesa dual (se'n té o no se'n té). La motivació depèn de l'alumne i també es considera majoritàriament fora del control del mestre, encara que s'accepta que aquest hi pot incidir si proposa activitats motivadores. Aquestes consideracions els condueixen fàcilment a concloure que si els alumnes no aprenen és per poca intel·ligència, o per poca motivació.

En relació a les creences i concepcions sobre l'ensenyament, les investigacions amb estudiants de mestre indiquen que predomina una concepció sobre l'ensenyament segons la qual ensenyar és exposar informació a través de lliçons magistrals. Sovint creuen que només cal seguir conjunts de tasques seqüenciades tal com es presenten en els materials curriculars. El bon ensenyament el defineixen sobretot en base a les dimensions emocional i social de l'aula, i presten menys atenció al paper del mestre com a facilitador de la comprensió (Patrick & Pintrich, 2001).

La importància que atorguen els estudiants a la maduresa o al grau de desenvolupament intel·lectual dels alumnes, fa que avaluin la idoneïtat d'una tasca per si és adequada al seu nivell de desenvolupament, no per si planteja un repte cognitiu als alumnes, o en funció del contingut conceptual que aquella tasca ajudarà a comprendre. Com ja hem dit, consideren que la motivació és un element clau de l'aprenentatge i per tant defensen que les activitats han de ser motivadores, i apelen a l'interès o a la diversió dels alumnes. Han de tenir una component lúdica. Per això prenen decisions sobre les activitats més en base a l'interès i a la motivació dels alumnes, que no pas al desenvolupament de les habilitats cognitives o a l'evolució dels seus models teòrics.

L'existència d'aquestes concepcions sobre l'ensenyament i l'aprenentatge s'han explicat per la influència de l'experiència personal, però també és possible que hi hagi una component més profunda des del punt de vista cognitiu tal com mostra la literatura sobre la teoria de la ment (Wellman, 1995), la *folk pedagogy* (Strauss, Ziv, & Stein, 2002; Strauss & Ziv, 2004) o sobre les creences epistemològiques dels individus (Hofer & Pintrich, 2002). Igual com alguns models inicials dels alumnes sobre determinats

fenòmens físics, biològics o astronòmics, són comuns entre nens i nenes de procedències diverses, i això es pot explicar per l'existència de certs pressupòsits ontològics i epistemològics i de certs biaixos cognitius, també es pot interpretar que existeixen models inicials sobre l'ensenyament i l'aprenentatge comuns a moltes persones, entre les quals els estudiants de mestre (Pozo et al., 2006).

També s'ha fet recerca sobre els criteris amb què se seleccionen les activitats i tasques que els estudiants i mestres proposen als alumnes. Un estudi molt conegut assenyala que en el cas dels mestres de primària sembla que és força freqüent l'ús del que els autors anomenen *activitats que funcionen (activities that work)* (Appleton & Kindt, 1999; Appleton, 2003, 2006). Les activitats que funcionen comparteixen les següents característiques: (i) són manipulatives (*hands-on*), (ii) són interessants i motivadores per als alumnes, (iii) són fàcilment gestionables a l'aula, (iv) tenen un resultat clar; (v) usen equipament o material que és fàcilment assequible (Appleton, 2002).

6.3.2. Els materials curriculars com a mediadors

Un altre element molt rellevant quan es planifica una SAE són els materials curriculars. Tot i que no són perfectes, els materials curriculars actualment disponibles són un punt de partida per als estudiants i els mestres quan planifiquen. En aquest sentit serveixen com a eines cognitives i poden ajudar els estudiants i als mestres a desenvolupar un major grau de confiança i de competència en l'ensenyament de les ciències (E. A. Davis & Smithey, 2009).

Hi ha força recerca sobre com els docents usen els materials curriculars en el moment de planificar la seva acció a l'aula. Aquesta recerca ha posat de manifest que els docents sovint s'impliquen en la planificació curricular a través de criticar i adaptar els materials curriculars existents.

Aquesta capacitat d'adaptació és una habilitat que els mestres han de tenir i els estudiants

han de desenvolupar. La recerca ha mostrat com les concepcions alternatives que molts docents tenen sobre l'ensenyament de les ciències, la major o menor distància dels materials curriculars originals en relació als models didàctics més innovadors i el subministre de criteris d'anàlisi dels materials, són factors que condicionen la capacitat d'adaptació de materials. També s'ha vist que aquesta capacitat millora amb el temps si els estudiants o els mestres tenen repetides ocasions d'implicar-se en l'anàlisi de materials curriculars en base a uns mateixos criteris (Beyer & Davis, 2012; Forbes & Davis, 2008, 2010).

Altres estudis han mostrat que els mestres són capaços d'avaluar el nivell en què uns determinats materials curricular impliquen els alumnes en la investigació, i adaptar-los per fer-los més rics en aquest aspecte. Malgrat això, les planificacions finals d'aquests mestres estan molt condicionades per les característiques dels materials curriculars de partida (Forbes & Davis, 2010).

La majoria d'investigadors en aquest àmbit estan d'acord en la importància que els estudiants de mestre aprenguin sobre els processos implicats en l'adaptació d'uns determinats materials curriculars, per adequar-los a un nou model didàctic per a l'ensenyament de les ciències; i també consideren que cal oferir-los criteris clars per portar a terme les anàlisis, i posteriors adaptacions dels materials (Davis, 2006).

6.3.3. L'experiència personal com a estudiant de ciències com a mediador

L'experiència personal també s'ha identificat com un element mediador important en l'acció docent (Avraamidou, 2013; Patrick & Pintrich, 2001). En el cas dels estudiants, aquesta experiència l'hem d'entendre sobretot com a ex-alumnes de ciències, i no tant com a docents. La pròpia experiència sovint és usada com a referent però d'una manera irreflexiva, la qual cosa condueix a sostenir creences per contrast a allò viscut o per adopció incondicional a allò viscut, o per totes dues coses a la vegada.

La recerca ha mostrat que molts estudiants i mestres de primària són reticents a ensenyar ciències (Appleton, 2003), perquè se senten poc confiats en els coneixements que tenen en aquesta àrea. Tanmateix també hi ha uns pocs casos d'estudiants i mestres de primària que es desenvolupen bé en ciències i que tenen un actitud positiva cap a la ciència.

Avraamidou ha estudiat a fons alguns d'aquests casos i ha pogut mostrar que aquest tipus d'estudiants perceben algunes de les experiències que han tingut durant la seva formació com a crítiques a l'hora de configurar les seves orientacions cap a l'ensenyament de les ciències. Algunes d'aquestes experiències que els estudiants de mestre citen com a importants en la seva formació universitària són: la implicació personal en investigacions científiques reals, els debats sobre els enfocaments didàctics contemporanis, les sortides de camp, un ambient de classe favorable i les característiques personals dels seus professors universitaris (Avraamidou, 2013).

6.3.4 La reflexió sobre la pròpia pràctica com a element mediador

Com a últim cas de mediador, també s'ha citat la importància de la reflexió sobre la pràctica. La pràctica reflexiva és una estratègia àmpliament utilitzada en la construcció de coneixement didàctic i pedagògic (Schön, 1992).

En el cas de la formació de mestres per a l'ensenyament de les ciències també ha estat utilitzada amb èxit en alguns programes de formació en què s'implica als estudiants en cicles successius de planificació, acció i reflexió (Zemal-Saul et al., 2000). En aquest estudi s'analitzaven les representacions de dos estudiants de mestre sobre l'ensenyament de les ciències. Els resultats obtinguts mostren que es produeix una millora en aquestes representacions que els autors consideren molt relacionada amb una millor comprensió dels alumnes per part dels estudiants de mestre.

Així doncs, oferir oportunitats als estudiants de mestre per implicar-se en cicles de planificació, acció i reflexió guiada, sembla una bona estratègia per ajudar els estudiants de mestre a construir noves representacions sobre el procés d'ensenyament de les ciències a Primària.

6.4. Evolució del CDec

Tot procés d'evolució conceptual és gradual, llarg i comporta un alt nivell d'implicació cognitiva, metacognitiva, motivacional i epistemològica. A la vegada requereix persistència, perquè és un procés intencional (Sinatra & Pintrich, 2002).

Podem plantejar-nos la hipòtesi que en el procés d'evolució conceptual del CDec hi haurà uns coneixements que s'incorporaran més fàcilment que d'altres als sistemes de creences inicials dels estudiants. Així, aquells nous coneixements que no siguin discrepants amb els models teòrics (didàctics) inicials dels estudiants tendiran a incorporar-se amb facilitat i a enriquir el seu CDec inicial, mentre que els nous coneixements que siguin incoherents amb les estructures de coneixement inicials seran més difícils d'incorporar.

Els coneixements que els estudiants canviaran més fàcilment seran els que considerin més plausibles o que encaixin relativament bé amb els marcs teòrics (didàctics) inicials. Si assumim aquest plantejament també podem acceptar com a hipòtesi que durant el procés d'encaix de la nova informació és possible que es generin models sintètics (Vosniadou, 2012).

Des del nostre punt de vista, els coneixements i creences que conformen els diversos components del CDec no canvien de manera simultània i integrada, sinó que ho fan de manera independent. Així, quan el sistema inicial de creences està poc integrat, possiblement es modifiquin alguns aspectes però d'altres no, i apareguin models sintètics poc coherents entre ells. Per contra, quan el sistema inicial de creences ja està molt integrat des de l'inici i per tant les interrelacions entre els diversos components estan més ben establertes, aleshores el nou model didàctic pot millorar en totes les seves dimensions, sempre i quan la nova informació sigui més o menys coherent amb el model inicial (figura 11). Amb uns requadres de mida més gran volem il·lustrar l'adquisició de nou coneixement.

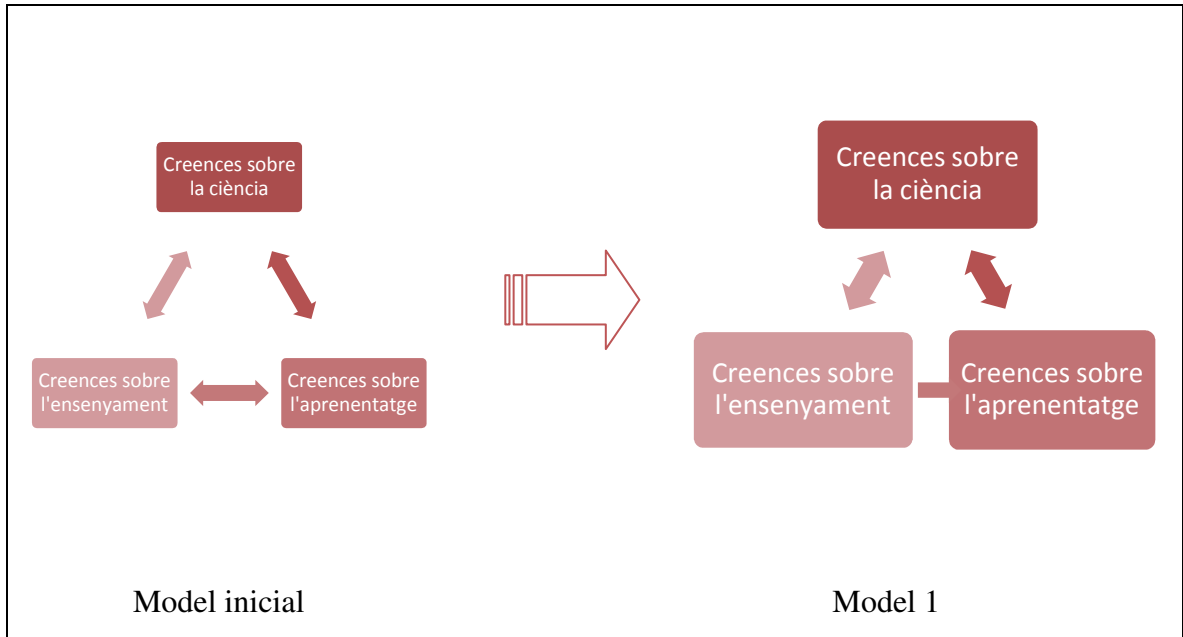


Figura 12. Evolució integrada de les creences amb l'adquisició de nou coneixement didàctic

Creiem, però, que la situació més habitual, no és la que mostra la figura 11 en què es parteix d'un model didàctic inicial molt ben integrat, sinó que és més freqüent que existeixi un sistema de creences menys articulat. A la figura 12 ho intentem representar usant colors diferents per a cada dimensió.

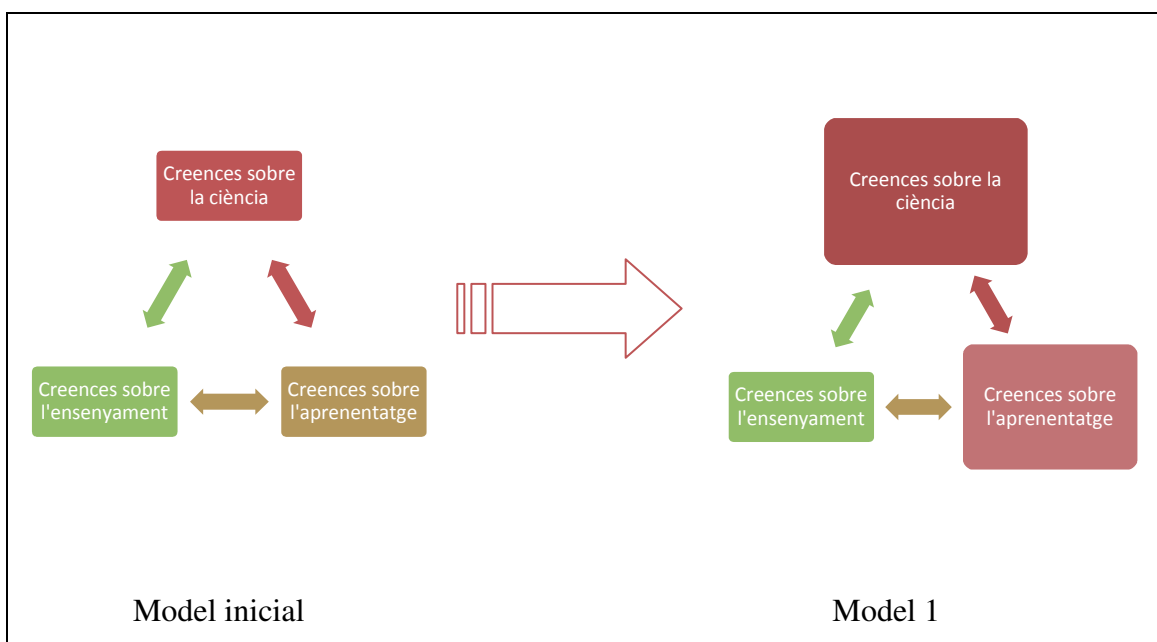


Figura 13. Evolució diferencial de les creences amb l'adquisició de nou coneixement didàctic

En aquesta hipòtesi, per exemple, podria ser que es produïssin canvis en les concepcions sobre l'aprenentatge i sobre el rol dels alumnes i dels seus coneixements, que això comporti un canvi en la forma de plantejar l'ensenyament, però que no s'hagi produït cap canvi real en la concepció sobre la ciència; o qualsevol altra situació d'aquest estil (com la il·lustra la figura 12).

Per això és molt interessant analitzar què canvia i què es conserva, en relació als coneixements i creences dels estudiants, durant un procés de formació. Així mateix també serà interessant analitzar en quina direcció es produeixen els canvis, com s'articulen, com es justifiquen els canvis introduïts, i quines accions són les que faciliten els processos de canvi. Fer el mateix per allò que es conserva, acabaria de completar l'anàlisi de l'eficiència d'un procés formatiu.

L'aplicació dels models generals de canvi conceptual a les concepcions dels mestres no és tan extensa i sistemàtica com a les concepcions científiques dels alumnes. Els treballs disponibles mostren que els canvis que s'obtenen durant la formació inicial són petits (Patrick & Pintrich, 2001; Pozo et al., 2006) i això s'ha d'atribuir al fet que es tracta de canvis molt difícils, perquè es tracta de concepcions fonamentals.

A més a més, moltes de les noves idees que els estudiants adquireixen no s'articulen bé les unes amb les altres en un nou sistema de creences, de manera que esdevenen molt fràgils i és fàcil que reverteixin. Per això s'ha observat que en els mestres novells sovint hi ha una reversió al model inicial, que normalment s'ha atribuït als problemes i preocupacions derivats de la gestió de l'aula (Appleton & Kindt, 1999), però nosaltres considerem que també pot ser que hi intervingui un procés inacabat de canvi conceptual durant el procés de formació inicial.

6 Idees clau d'aquests apartats,

- El model de coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències proposat per Magnusson et al. identifica una sèrie de coneixements i creences que el configuren.
- El CDec permet l'acció docent (planificar o actuar a l'aula). Els estudiants de mestre quan inicien la seva formació en didàctica de les ciències, tenen un cert CDec.

- Un component molt rellevant del CDec són les orientacions cap a l'ensenyament de les ciències
- L'acció de planificar una seqüència d'activitats està influïda per les orientacions cap a l'ensenyament de les ciències que tingui un estudiant, sobretot per les seves creences sobre la ciència, sobre l'ensenyament de les ciències o sobre l'aprenentatge.
- A més a més de la influència de les orientacions, l'acció de planificar una seqüència d'activitats també està influïda per una sèrie d'elements mediadors, que són: els materials curriculars, la pròpia experiència personal com a alumne de ciències i la reflexió sobre la pràctica.
- La influència de tots aquests factors provoca que una seqüència d'activitats mostri un perfil d'activitat científica escolar més proper als anomenats models tradicionals, o més proper als models d'investigació i modelització.