
Tesi doctoral



**Contribucions de la contextualització de
l'aprenentatge i la transferència del
coneixement a l'educació química
competencial**

Autor:

Iván Marchán Carvajal

Directora de tesi:

Neus Sanmartí Puig

*Coordinador del Programa de Doctorat en Didàctica de les Ciències i les
Matemàtiques*

José Tejada Fernández

*Directora del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències
Experimentals*

Mequè Edo Basté

Bellaterra, 2015

A todos los que comparten su tiempo y su energía cerca de mi.

Presentació

Aquesta memòria correspon a la tesi doctoral d'Iván Marchán Carvajal del Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la UAB (Universitat Autònoma de Barcelona) i del grup de recerca consolidat LICEC (Llenguatge i Contextos en Educació Científica).

Aquesta tesi va ser inscrita a l'Escola de Postgrau de la UAB al desembre de 2011 i la seva realització ha estat finançada per dos projectes d'investigació:

- “Desarrollo de competencias científicas: modelos y evidencias en la lectura, la escritura y la experimentación” concedit pel Ministeri de Ciència i Innovació (Ref. EDU-2009-13890-C02-02).
- “Las competencias y prácticas científicas en contexto: transferencia de modelización, uso de pruebas e indagación científica” concedit pel Ministeri d'Economia i Competitivitat (Ref. EDU-2012-38022-C02-02).

Durant el període de realització d'aquesta tesi, s'ha assistit i participat amb comunicacions orals i simposis a diversos congressos nacionals (Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Jornades per a l'ensenyament de la química) i internacionals (ESERA i Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias). També s'han elaborat les següents publicacions derivades dels resultats de recerca que es presenten en aquesta memòria:

- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (En preparació). Characterising the transfer capability of compulsory secondary students for key ideas of the particulate nature of matter: a comparison of teaching approaches. *Proceeding of the oral communication in the ESERA 2015 Conference in Finland*.
- Marchán-Carvajal, I., Caamaño, A., & Sanmartí, N. (En preparació). Revisió de les potencialitats i problemàtiques d'alguns projectes de química en context internacionals. *Educació química*.
- Cardona, E., & Marchán-Carvajal, I. (enviat). Master-Chef, un context rellevant per a construir coneixement sobre el regne dels vegetals. *Ciències. Revista del Professorat de Ciències d'Infantil, Primària i Secundària*.
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (en premsa). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un

modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26(4), pp.XX-XX.

- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (acceptat). De com l'àtom es va fer útil i ensenyable. *Educació química - EduQ*.
- Sanmartí, N., & Marchán-Carvajal, I. (2015) Educación científica para el siglo XXI: retos y propuestas. *Investigación y ciencia*.
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2015). Com promoure la competència científica a secundària? Propostes basades en la recerca en didàctica de la química. *Actes de les III Jornades de sobre l'ensenyament de la química a Catalunya*. [ISBN 978-84-942544-5-1]
- Sanmartí, N., & Marchán-Carvajal, I. (2014). ¿Cómo elaborar una prueba de evaluación escrita? *Alambique - Didáctica de las ciencias experimentales*, 78, Edición digital. [ISSN 2014-4733]
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2014). Una revisión sobre el uso de contextos en la enseñanza de las ciencias y su potencial para el desarrollo de la competencia científica. Acta de los 26 Encuentros en Didáctica de las ciencias experimentales. Huelva. [ISBN 978-84-16061-31-0]
- Marchán, I., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2013). La evolución de la noción de contexto en la didáctica de las ciencias. *Seminari sobre perspectives sobre el context en educació científica: aproximacions teòriques i implicacions per a la pràctica educativa*, pp. 62–71.
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2013). Validation of principles for the design of teaching-learning sequences that foster the transfer of learning in science education. A Constantinou, C.; Papadouris, N. I Hadjigeorgiou, A. (eds). *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Part 2, pp.252-258. Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association. [ISBN 978-9963-700-77-6].
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2013). El problema de la transferencia en el aprendizaje científico: análisis de la implementación en el aula de una unidad didáctica contextualizada. Número extra de la revista Enseñanza de las Ciencias: *IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*. pp.2125-2130. [ISSN: 0212-4521]

Agraïments

L'elaboració d'aquesta tesi ha suposat un esforç personal que no hauria estat possible sense el suport de les persones que han estat al meu costat. Per tal que una taula s'aguanti davant de sismes i cops imprevistos li fan falta quatre potes que li donin estabilitat i fermesa. Aquesta estabilitat familiar, emocional, social i professional l'he d'agrair a moltes persones del meu entorn i que configuren les meves quatre potes.

Mi primera pata es la familia. Mi padre, Pedro, y mi madre, Paqui, son los principales responsables no solo de mi existencia sino de todo mi crecimiento personal, des del nacimiento hasta mi actual vida adulta. Sus valores, su capacidad de esfuerzo y dedicación y su respeto por el entorno natural me han servido como modelo de vida familiar, un modelo que voy a seguir imitando porque para mi son un referente de lo que es una vida ejemplar. Mi hermana, Ana, que en épocas tempranas compartíamos tirones de pelo, ahora comparte conmigo la pasión por la educación, en el sentido más amplio de la palabra, ella des de la educación social y yo des de la educación formal. Las conversaciones con mi hermana y con mi cuñado, Cristian, sobre aprendizaje, exclusión social y pedagogía me han enriquecido mucho, pero también nuestras partidas al "Catan" las tardes del domingo. Por cierto, espero que en breve que me hagáis tío!

Mi segunda pata es Frank, mi compañero de vida. Por su paciencia en mis momentos de estrés, su comprensión con mis retos profesionales y su apoyo emocional en los momentos que más lo necesitaba. Te debo una disculpa por todo el tiempo que esta tesis nos ha robado, pero deseo recuperar ese tiempo y devolverte la paciencia, la comprensión y el apoyo en el larguísimo futuro que tenemos por delante.

La tercera pota són els amics. Todos los momentos divertidos y relajados con los amigos de toda la vida, los de Pineda de Mar: Wheel & Bárbara, Sara & Pedro, Elsa, Javi & Espe, Javi & Marta, Kilian & Marta, Neus & Miriam, Jordi & Rita, y a los peques del grupo Eric, Júlia i Laia. Tots els moments d'esbarjo que he passat amb els amics del QFMPT (que fuerte me parece todo): Albert Morales, Anna Fons, Anna Joan, Eloi Pujadas, Eli Massana, Sonia Jambrina i Jonai Gonzalez. Todos los momentos de desconexión mental que tanto necesitaba me lo han proporcionado los entrenos y los partidos de voleibol tanto en pista como en playa, gracias a todos los compañeros de los grupos de volei del Club Panteres Grogues i en especial a Álvaro, Néstor, Belén, Alberto, Jordi, Leo, Alfons, Guillaume, Paco, Nacho, Luis y Calicho. Todos los momentos de marujeo con Sergio y Manu. Todas las cenas, salidas de copas y bailoteos con Cesc y Eric. Todos estos momentos

han sido muy necesarios para mi bienestar personal que ha contribuido a que las investigaciones avancen mejor.

La quarta pota són els companys de professió. Els primers a mencionar són els companys de viatges precongressos, Anama Domenech i Arnau Amat. Pels grans moments d'aventura i pel suport emocional en l'etapa final de la Tesi, ara ja podem quedar per anar a dinar a Vic. A tots els companys, professors i personal d'administració i serveis, de l'institut Europa/Joan Miró al llarg dels 7 anys que porto treballant aquí, en especial a l'equip directiu pels diversos permisos que m'han concedit per a poder dedicar-me a la investigació educativa. Als companys del grup d'innovació docent sobre química en context al batxillerat del CESIRE-CDEC: Marta Simón, Glòria Borràs, Fina Guitart, Josep Coromina, Mariona Bassedas, Itziar Maestre, Francesc Pañella i Irene Ribas. Als companys del grup de treball de ciències de l'Institut de Ciències de l'Educació de la UAB. Als companys del departament de didàctica de les ciències experimentals i la matemàtica de la Universitat de Barcelona: Carolina Pipitone, Grego Jiménez, Josep M. Cerveró, Albert Caminal, Angela Lladó, Marta Magarzo, Olga Garro, Aikaterini Konstantinidou, Marina Castells, Jordi Servat i Nora Sánchez. Als companys de l'equip de professors del màster de secundària de la Universitat Pompeu Fabra: Mar Carrió, Silvia Lope, Marcel Costa i molt especialment a en Jordi de Manuel perquè em va endinsar de ple en el món de la didàctica. Als companys del grup de recerca LIEC de la UAB, perquè les nostres trobades mensuals m'omplien d'interrogants i noves idees per a poder avançar en la recerca de tesi i per les aventures didàctiques que hem viscut a les diferents trobades a les que hem assistit: Anna Marbà, Conxita Màrquez, Mariona Domenech, Montse Cabello, Núria Solsona, Julià Hinojosa, Jordi Domènech, Mercè Izquierdo, Digna Couso, Ana Garrido, Carmè Grimalt, Anna Sardà, Agustín Adúriz, Mercè Mas, Bego Oliveras, Roser Nebot, Concepció Ferrés, Montse Roca, Joan Aliberas, Mariona Espinet, Sylvia Moraga, Begoña Burgoa, Alba Castelltort, Alba Montalban, Isabel Pau i Laura Valdés. Compartir experiències entre companys de professió és la formació permanent més enriquidora que he pogut tenir.

A més de les 4 potes, també he de donar les gràcies a les persones que més han contribuït a que aquesta recerca de tesi hagi estat possible.

Vull dedicar un agraïment molt especial per a la meva directora de tesi, Neus Sanmartí. Li he d'agrair, en primer lloc, que acceptés dirigir-me la tesi en un moment en el que estava molt desbordada de feina. Però sobretot li he d'agrair que al llarg d'aquest procés de tesi, cada dia que ens trobàvem, sortia de casa seva amb la sensació que era una mica més savi que quan havia entrat. Ha estat un plaer escoltar bocabadat totes les seves vivències en el món de l'educació. A més de compartir amb molta generositat tots els seus coneixements amb mi, m'ha transmès la seva passió pel món de l'educació, més enllà dels interessos

institucionals o econòmics. Gràcies per compartir amb mi una part de la teva saviesa.

Finalment, vull agrair als professors participants en la recerca i a tots els alumnes que he tingut a l'Institut Europa la seva predisposició a col·laborar. Sobretot per les moltes coses que els mes alumnes m'han ensenyat, de la complexa societat en la que vivim i de les inquietuds i preocupacions de la gent jove, fet que m'ha permès empatitzar millor amb ells i aprendre sobre la meva professió. En especial he de donar les gràcies a l'alumnat de 3r d'ESO que ha participat directament en la primera part d'aquesta recerca, sense ells, res d'aquest document existiria: Stefan, Deborah, Isabel, Cristian, Sandra, Kathy, Laura, Dani, Franck, Alba, Nadia, Sergi, Enzo, Christian, Félix, Nisrine, Kathy, Erick, Rosario, Soraya, Daniele, Selene, Benito, Arthur, Giovanni, Diego, Solyman, Andrea, Jaspreet i Rafai.

A todos, muchas gracias :)

Resum

La tesi ***Contribucions de la contextualització de l'aprenentatge i la transferència del coneixement a l'educació química competencial*** té la finalitat de caracteritzar les metodologies que utilitzen contextos per aprendre química i com aquestes poden contribuir a la capacitat de transferir el coneixement químic de l'alumnat.

Amb aquest propòsit, s'han definit tres objectius. El primer està centrat en la contextualització i consisteix en identificar les potencialitats i problemàtiques d'aquest enfocament didàctic. El segon tracta sobre descriure, analitzar i interpretar la capacitat de transferir coneixement químic. En el tercer objectiu es van elaborar propostes concretes de disseminació dels resultats d'aquesta recerca.

L'enfocament metodològic general és el paradigma interpretatiu i qualitatiu. Els instruments de recollida de dades per al primer objectiu han estat entrevistes a alumnat de 14-15 anys sobre la seva percepció d'aquesta nova metodologia. A la primera part del segon objectiu s'han fet entrevistes per a identificar els raonaments de l'alumnat quan transferia oralment i s'han passat qüestionaris per a analitzar la capacitat de transferir en proves escrites. A l'última part d'aquest segon objectiu s'ha dut a terme un estudi comparatiu amb alumnes de 4 instituts diferents (un d'ells ha seguit una metodologia contextualitzada) sobre la capacitat de transferir de l'alumnat i la seva relació amb el coneixement didàctic del contingut del professorat. En aquest cas es van fer servir qüestionaris per a l'alumnat sobre transferència i vocació científica i entrevistes al professorat per a caracteritzar el seu coneixement didàctic del contingut. Quant al tercer objectiu, s'ha dut a terme una síntesi dels resultats dels dos objectius anteriors i dels marcs teòrics de referència que pugui ser útil per al món educatiu.

S'ha analitzat el contingut de les entrevistes i els qüestionaris de manera qualitativa i s'han elaborat sistemes de categories per a la percepció de l'alumnat sobre l'acció docent, la qualitat de les respostes sobre transferència i el coneixement didàctic del contingut del professorat.

Les dades analitzades per al primer objectiu ens mostren diverses opinions de l'alumnat favorables a l'ús de contextos: connexió amb el món real, interès per l'assignatura, percepció del propi aprenentatge i valoració positiva de la diversitat de metodologies didàctiques i l'estil docent. Pel que fa a les dificultats identificades destaquem els problemes per aplicar el coneixement químic treballat en activitats amb nous contextos que no han estat realitzades a classe (avaluació productiva) i

la dificultat per a sintetitzar les idees principals de ciència que apareixen en els contextos.

Els resultats de la primer part del segon objectiu van permetre identificar els raonaments que fa servir l'alumnat al transferir (pensament analògic, activació d'idees abstractes i aplicació d'aquestes al nou context) i les principals dificultats amb que es troba quan transfereix (ús d'idees alternatives, activació parcial del model teòric, activació de models no pertinents i elaboració de textos justificatius poc coherents). Quant a l'última part del segon objectiu, l'anàlisi dels resultats va mostrar que l'ensenyament contextualitzat que integra altres estratègies didàctiques (com la indagació centrada en la modelització i la regulació metacognitiva) pot promoure la capacitat de transferir de l'alumnat i incrementar el número de vocacions científiques.

Els resultats del tercer objectiu són una proposta fonamentada de criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades i un model que caracteritza les tres dimensions de la transferència (conceptual, contextual i cognitivo-lingüística) que justifiquen que una activitat d'avaluació competencial sigui una transferència llunyana o propera.

En conclusió, les principals aportacions d'aquesta tesi són: la caracterització de l'ensenyament basat en contextos, la identificació de les dimensions que condicionen la transferència i la influència del coneixement didàctic del contingut del professorat en la capacitat de transferir de l'alumnat i la vocació científica.

Resumen

La tesis ***Contribuciones de la contextualización del aprendizaje y la transferencia del conocimiento a la educación química competencial*** tiene la finalidad de caracterizar las metodologías que utilizan contextos para aprender química y cómo éstas pueden contribuir a la capacidad de transferir el conocimiento de química del alumnado.

Con este propósito se han definido tres objetivos. El primero está centrado en la contextualización y consiste en identificar las potencialidades y problemáticas de este enfoque didáctico. El segundo trata sobre describir, analizar y interpretar la capacidad de transferir conocimiento químico. En el tercer objetivo se han elaborado propuestas concretas de diseminación de los resultados de esta investigación.

El enfoque metodológico general es el paradigma interpretativo y cualitativo. Los instrumentos de recogida de datos para el primer objetivo han sido entrevistas a alumnado de 14-15 años sobre su percepción de esta nueva metodología. En la primera parte del segundo objetivo se han realizado entrevistas para identificar los razonamientos del alumnado cuando transfería oralmente y se han pasado cuestionarios para analizar su capacidad de transferir en pruebas escritas. En la última parte del segundo objetivo se ha llevado a cabo un estudio comparativo con alumnos de 4 institutos diferentes (uno de ellos ha seguido una metodología contextualizada) sobre la capacidad de transferir del alumnado y su relación con el conocimiento didáctico del contenido del profesorado. En este caso se han utilizado cuestionarios para el alumnado sobre transferencia y vocación científica y entrevistas al profesorado para caracterizar su conocimiento didáctico del contenido. En cuanto al tercer objetivo, se ha llevado a cabo una síntesis de los resultados de los dos objetivos anteriores y de los marcos teóricos de referencia que pueda ser útil para el mundo educativo.

Se ha analizado el contenido de las entrevistas y los cuestionarios de manera cualitativa y se han elaborado sistemas de categorías para la percepción del alumnado sobre la tarea docente, la calidad de las respuestas sobre transferencia y el conocimiento didáctico del contenido del profesorado.

Los datos analizados para el primer objetivo nos muestran diversas opiniones del alumnado favorables al uso de contextos: conexión con el mundo real, interés por la asignatura, percepción del propio aprendizaje y valoración positiva de la diversidad de metodologías didácticas y el estilo docente. Sobre las dificultades identificadas destacamos los problemas para aplicar el conocimiento químico trabajado en actividades con nuevos contextos que no han sido realizadas en

clase (evaluación productiva) y la dificultad para sintetizar las ideas principales de ciencia que aparecían en los contextos.

Los resultados de la primera parte del segundo objetivo han permitido identificar los razonamientos que usa el alumnado al transferir (pensamiento analógico, activación de ideas abstractas y aplicación de éstas al nuevo contexto) y las principales dificultades con las que se encuentran cuando transfieren (uso de ideas alternativas, activación parcial del modelo teórico, activación de modelos no pertinentes i elaboración de textos justificativos poco coherentes). En cuanto a la última parte del segundo objetivo, el análisis de los resultados mostró que la enseñanza contextualizada que integra otras estrategias didácticas (como la indagación centrada en la modelización y la regulación metacognitiva) puede promover la capacidad de transferir del alumnado e incrementar el número de vocaciones científicas.

Los resultados del tercer objetivo son una propuesta fundamentada de criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas y un modelo que caracteriza las tres dimensiones de la transferencia (conceptual, contextual y cognitivo-lingüística) que justifican que una actividad de evaluación competencial sea una transferencia lejana o cercana.

En conclusión, las principales aportaciones de esta tesis son: la caracterización de la enseñanza basada en contextos, la identificación de las dimensiones que condicionan la transferencia y la influencia del conocimiento didáctico del contenido del profesorado en la capacidad de transferir del alumnado y la vocación científica.

Abstract

The main objective of the thesis ***Contributions of context-based learning and knowledge transfer to competency-based chemical education*** is to characterize those methods that use context for learning chemistry and how this methods can contribute to student's capability of transferring chemical knowledge.

With this goal in mind, three objectives have been defined. The first one deals with context-based education and aims to identify the advantages and disadvantages of this educational approach. The second one is describing, analyzing and understanding the capability of transferring chemical knowledge. The third objective has been focused in the elaboration of specific proposals of dissemination of the results from this research.

Qualitative methods for research were used in this investigation. The data for the first objective were collected by means of interviews to 14-15-year-old students about their perception of this new approach. The data for the first part of the second objective were collected using think-aloud interviews to identify the way of reasoning of students when they had to transfer orally. Questionnaires were also used to analyze their transfer capability in written tests. In the second part of the second objective a comparative study was carried out. The sample included students from 4 high schools and one of them used a context-based approach. The main goal was to assess transfer capability of students in relation to the pedagogical content knowledge of their teachers. Questionnaires about transfer and scientific vocations, as well as interviews to teachers were used to collect data. Regarding the third objective, a synthesis of the results from objectives one and two was carried out taking into account the theoretical frameworks of the literature.

The content of questionnaires and interviews was qualitatively analysed. Several systems of categories were built to achieve the research goals: students' perception of the context-based approach, the quality of answers to transfer assessments and the pedagogical content knowledge of teachers.

The analysis of data for the first objective shows different opinions of learners that support the use of context in science learning: connection to real world, interest for the subject, perception of learning and positive attitude to teaching methods and teaching style. Regarding the difficulties with context-based learning we highlight that students found it hard to apply chemical knowledge in new contexts that had not been previously discussed in class (productive assessment). The difficulty to summarize the main science ideas that appeared in the contexts was also mentioned.

The results from the first part of the second objective suggest that the ways of reasoning that students use when they transfer are: analogical thinking, activation of abstract ideas and application of ideas in the new context. The main problems that students have when they transfer are: use of chemical misconceptions, partial use of theoretical models, activation of inappropriate science ideas and lack of coherence in the causal explanations. In regard to the last part of the second objective, the analysis of the results shows that context-based education that integrates other learning strategies (such as model-based inquiry and metacognitive self-regulation) may foster students' capability of transfer and increase the number of scientific vocations.

Some results for the third objective are a founded proposal of criteria for the design of context-based teaching-learning sequences. Moreover, a model with the three educational dimensions that contribute to transfer is presented: conceptual, contextual and cognitive-linguistic. This model may help to explain if a scientific literacy assessment can be regarded as a far or near transfer.

In conclusion, the main contributions of this thesis are: characterising context-based education, identifying the dimensions that affect transfer and the effect of the pedagogical content knowledge on students' transfer capability and scientific vocation.

Índex de Continguts

Capítol 1. Plantejament del problema	1
1.1 Presentació i justificació del problema investigat	3
1.2 Concreció dels objectius de la recerca	10
1.3 Organització general de la memòria	11
Capítol 2. Marc teòric	13
2.1 Els inicis: El moviment Ciència-Tecnologia-Societat al món.....	15
2.2 L'educació científica basada en l'ús de contextos.....	22
2.2.1. Del moviment CTS al projectes basats en contextos	23
2.2.2. L'ús de contextos per a l'ensenyament de les ciències	25
2.2.3. L'ús de contextos per a l'ensenyament de la química: selecció d'alguns projectes representatius	28
2.2.4. Revisions i crítiques dels diferents projectes de química contextualitzats	40
2.3 La modelització en l'ensenyament de les ciències	44
2.3.1. Models, modelització i activitat científica escolar.....	45
2.3.2. La selecció de les idees clau de la química.....	49
2.3.3. La progressió i seqüenciació de les idees	52
2.4 Transferència del coneixement	55
2.4.1. Revisió de recerques des de la psicologia.....	56
2.4.2. Revisió de recerques des de la didàctica de les ciències.....	61
2.5 L'avaluació de la competència científica.....	72
2.5.1. Avaluació de la competència científica al PISA.....	74
2.6 El coneixement didàctic del contingut del professorat de ciències..	88
Capítol 3. Metodologia de la Recerca	91
3.1 L'enfocament metodològic general	93
3.2 Evolució temporal de la investigació.....	95
3.3 Els instruments de recollida de dades	97
3.3.1. Instruments per al primer objectiu.....	97
3.3.2. Instruments per al segon objectiu	100
3.4 Descripció dels participants	112
3.4.1. Els participants del primer cicle de recerca-acció.....	112
3.4.2. Els participants de l'estudi comparatiu	113
3.5 Proposta inicial de criteris per a l'EBC a partir dels referents teòrics	116
Capítol 4. Resultats i discussió del primer objectiu	125
4.1 Introducció.....	127
4.2 L'anàlisi de les dades	127

4.3 La discussió dels resultats	129
4.3.1. Discussió per categories	129
4.3.2. Discussió de les característiques de l'alumnat	147
Capítol 5. Resultats i discussió del segon objectiu	151
5.1 Introducció	153
5.2 Subobjectiu 2.1: Sobre com l'alumnat transfereix	154
5.2.1. L'anàlisi de les dades	154
5.2.2. La discussió dels resultats	156
5.3 Subobjectiu 2.2: Sobre l'ús del llenguatge i els models al transferir	161
5.3.1. L'anàlisi de les dades	161
5.3.2. La discussió dels resultats	164
5.4 Subobjectiu 2.3: Sobre l'estudi comparatiu al transferir	190
5.4.1. L'anàlisi de les dades	191
5.4.2. La discussió dels resultats	199
Capítol 6. Resultats i discussió del tercer objectiu	229
6.1 Introducció	231
6.2 Subobjectiu 3.1 Fonamentació teòrica d'una proposta d'EBC	232
6.2.1. Exploració de les idees prèvies a partir del context inicial.....	233
6.2.2. Introducció de noves idees científiques	235
6.2.3. Síntesi i estructuració de les idees clau del model teòric	236
6.2.4. Relació amb altres models teòrics	241
6.2.5. Aplicació del model teòric a nous contextos	242
6.2.6. Estratègies de regulació metacognitiva	242
6.2.7. Fonamentació teòrica de la contribució a la capacitat de transferir.....	242
6.3 Subobjectiu 3.2 Sobre la caracterització de la transferència	245
6.3.1. Presentació i justificació de la proposta	245
6.3.2. Caracterització de les activitats de transferència.....	249
Capítol 7. Conclusions i implicacions educatives	253
7.1 Conclusions del primer objectiu	255
7.2 Conclusions del segon objectiu	262
7.3 Implicacions per al món educatiu	267
7.4 Limitacions i continuïtat de la recerca	270
7.5 Implicacions personals	272
Referències bibliogràfiques	275
Índex de Figures	i
Índex de Taules	iii

Capítol 1

Plantejament del problema

1.1 Presentació i justificació del problema investigat

"Estem donant respostes als alumnes de preguntes que ells no s'han fet"

Robin Millar

En els darrers anys s'ha anat consolidant arreu del món la visió que els currículums han d'estar orientats al desenvolupament de competències i en aquesta línia, el programa d'avaluació PISA (Programme for International Student Assessment) ha desenvolupat eines per avaluar-les i per mesurar l'excel·lència i l'equitat dels sistemes educatius (OCDE, 2013). Des de l'educació infantil fins a la universitària, qualsevol institució inclou en els seus documents orientadors reflexions sobre la importància d'un ensenyament basat en el desenvolupament de competències que hauran de contribuir a formar ciutadans i professionals que puguin respondre millor a les necessitats actuals i futures de la societat. Tot i que aquesta finalitat té lectures diferents en funció del marc ideològic de referència, el cert és que països amb governs molt diversos han optat per donar èmfasi al treball competencial en els seus currículums. Però, en canvi, no hi ha tan consens pel que fa al "com" ni al "què" ensenyar per assolir aquestes competències.

A l'any 2003, arrel del Projecte DeSeCo (Definition and Selection of Competencies), es va publicar l'informe "Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico" en el que s'establien vuit competències que tot ciutadà havia de desenvolupar, entre elles, la científica. El marc conceptual de les proves PISA de ciències incideix en aquest última apuntant que un aprenentatge competencial implica utilitzar el coneixement científic en situacions reals de la vida quotidiana, altrament anomenades contextos, per ser capaç de prendre decisions responsables (actuar). En aquest sentit, parlarem de treball en context per a referir-nos a l'anàlisi de situacions o problemes, reals o versemblants, rellevants per a l'alumnat de manera que es possibilita la construcció dels conceptes necessaris per a comprendre la situació descrita i ser capaç de prendre una decisió (Sanmartí, Burgos, & Nuño, 2011). És a dir, el context no és una simple excusa per a motivar l'alumnat al començar un tema, una anècdota curiosa que explica el professor enmig d'una dissertació teòrica o una aplicació final dels conceptes apresos de manera convencional, aspectes ja proposaven els moviments CTS, Ciència-Tecnologia-Societat, dels anys 90. El context té molt potencial per a que l'alumnat construeixi el coneixement científic en base a la necessitat de saber per a entendre quelcom que li interessa. Per aquest motiu, la recerca educativa ha centrat molts esforços en investigar els "projectes en context" i ha impulsat, a la llum dels nous objectius curriculars, noves maneres d'entendre el "què ensenyar" i el "com ensenyar" en aquest tipus de projectes. Des dels anys 90, en el marc de la corrent curricular CTS (Solomon & Aikenhead, 1994), ja s'havien dissenyat i publicat molts projectes "contextualitzats" però la finalitat bàsica es centrava en promoure l'alfabetització científica i l'increment de vocacions

de ciències, mentre que l'aprenentatge d'idees clau dels models teòrics de la ciència quedava en un segon pla, bé perquè es treballaven les idees científiques de manera aïllada (sense promoure la construcció del model teòric que les aglutina) o bé perquè la part conceptual es reduïa a la mínima expressió per evitar desmotivació per percepció de dificultat o bé perquè el context era una excusa inicial i a continuació s'ensenyava de manera tradicional sense connectar amb el context de referència.

Alguns projectes en context recents sí aposten per una integració de les idees clau de la ciència dintre dels contextos que es fan servir com escenaris d'aprenentatge, per exemple el projecte ChiK (chemie im kontext, Alemanya, Parchmann et al. (2006). En aquest cas apareixen dues dificultats associades als límits de temps; per una banda, com trobar suficients contextos que permetin l'estudi dels extensos currículums actuals? Però també cal tenir en compte que el context ha de generar la necessitat d'introduir la idea científica, és a dir, segons Pilot & Bulte (2006) cal preguntar-se si es compleix el "need-to-know principle"?

Actualment hi ha treballs d'investigació (King & Ritchie, 2013; Ültay & Çalık, 2011) que han recollit nombroses evidències de que el treball en context és una estratègia didàctica que a més de motivar l'alumnat i promoure actituds positives envers les ciències, també pot permetre que l'alumnat aprengui de manera més significativa les idees científiques, sent més competent en el seu ús, però no concreten quines directrius concretes cal seguir a l'hora de dissenyar seqüències didàctiques contextualitzades. És evident que qualsevol manera de treballar en context no necessàriament serà profitosa i que cadascuna de les propostes didàctiques que existeixen, en paper o a la xarxa, per ensenyar ciències a partir de situacions contextualitzades properes a la vida de l'alumnat té els seus punts forts i febles, per tant, és rellevant identificar-los i discutir-los. També és important analitzar les dificultats que es troba el professorat quan posa en pràctica metodologies contextualitzades a l'aula i dissenyar estratègies per a compensar-les.

A finals dels 90, a Espanya es van implementar alguns projectes CTS (Acevedo, Vázquez, & Manassero-Mas, 2013), però una possible crítica d'aquests projectes és que en moltes ocasions es centraven en l'aprenentatge de continguts descriptius de les relacions CTS i naturalesa de la ciència, és a dir, els aprenentatge sobre les idees clau dels models teòrics de la ciència del currículum d'ESO i batxillerat o eren escasses o apareixien deslligades dels contextos CTS. Actualment el professorat de Catalunya no disposa de projectes curriculars complets (amb suport, formació, guies didàctiques, etc.) per a l'ensenyament de les ciències a l'ESO a partir de contextos, tot i que es disposa de materials diversos a la xarxa. Per altra banda, existeix un projecte publicat com a llibres de text de l'editorial Teide per a la biologia de batxillerat (Biocontext 1 i 2, Costa et al. (2010)) i també existeixen projectes de biologia, química i física en context per al

currículum de 1r i 2n de batxillerat amb format "online"; els materials han estat elaborat per grups de professors i innovadors didàctics del Centre específic de suport a la innovació i la recerca educativa de la Generalitat de Catalunya, CESIRE-CDEC. Per aquest motiu, pot ser útil analitzar propostes que provenen de la recerca en didàctica per a consolidar els fonaments d'un ensenyament contextualitzat que sigui útil per al professorat de l'ESO. Aquests fonaments es podrien fer servir per a dissenyar materials contextualitzats accessibles a la xarxa o podran formar part de cursos de formació en contextualització de l'aprenentatge. A més, un ús òptim del context pot representar una oportunitat per a abordar alguns reptes pendents de l'educació científica:

- Canviar la mala imatge de la química a la societat, o almenys, tenir un bon record de l'aprenentatge de la química en les etapes educatives obligatòries. Segons Costillo, Borrachero, Mero, & Mellado (2013), els estudiants de mestre de primària de diferents universitats espanyoles van expressar el record d'emocions negatives quan van ser preguntats per l'etapa educativa en què van aprendre física o química.
- Suscitar interès en l'alumnat per a continuar formant-se en ciències (inclosa la química).
- Possibilitar la construcció d'idees bàsiques de la química que serveixin per explicar fets, fer prediccions i actuar prenent decisions fonamentades.
- Promoure el desenvolupament d'un currículum competencial, ja que la pròpia definició de competència (document currículum) destaca la importància del context per permetre integrar coneixements de diferents disciplines i posa l'accent en la funcionalitat del coneixement. Els nous currículums de Finlàndia i els Estats Units estan orientats en aquesta direcció.

Malgrat que molts autors han destacat els avantatges de la contextualització dels aprenentatges (Bennett & Holman, 2002; Caamaño, 2011; Izquierdo, Caamaño, & Quintanilla, 2007; Pilot & Bulte, 2006a), encara calen més estudis que demostrin que aquesta aproximació a l'aprenentatge de les ciències pot facilitar l'adquisició de coneixements que puguin ser activats en situacions diverses, habilitat cognitiva que en psicologia anomenen transferència (Gilbert, Bulte, & Pilot, 2011). Aquest treball és dels pocs que relacionen la contextualització de l'aprenentatge científic i la transferència del coneixement, tot i que només és una reflexió teòrica. Alguns estudis empírics recents, sense utilitzar el terme "transferència", investiguen la capacitat d'aplicar coneixement per a resoldre problemes (Broman & Parchmann, 2014) i d'altres parlen de la transferència en l'educació científica sense relacionar-la amb la contextualització (Dori & Sasson, 2013; Sasson & Dori, 2015). Algunes recerques des de la psicologia cognitiva (Bassok & Holyoak, 1989) argumenten que un aprenentatge a partir d'un únic context pot dificultar que l'alumnat sigui capaç d'aplicar allò après en altres contextos diferents al treballat, atès que l'alumnat atribueix el significat dels conceptes a una situació concreta, aquella en

que es van aprendre. La hipòtesi de partida seria que es possible contextualitzar de manera que no es dificulti la transferència, per exemple, fent servir una diversitat representativa de contextos, però caldrà pensar en com dur aquesta metodologia a l'aula. A més, sembla evident que un nou tipus de plantejament com aquest requerirà opcions metodològiques diferents o complementàries a les que s'utilitzen habitualment per ensenyar conceptes abstractes, dit d'una altra manera, cal pensar com encaixar la contextualització amb la resta de mètodes didàctics que han estat validats des de la recerca educativa, com per exemple, la regulació de l'aprenentatge, la modelització o la indagació, entre d'altres.

L'anàlisi de la realitat a les aules ens mostra com l'alumnat presenta moltes dificultats per a transferir els coneixements que aprèn a classe, és a dir, aplicar el coneixement en científic en situacions i problemes nous que no s'han tractat a l'aula. Segons Sanmartí et al. (2011), el professorat mostra resistència a plantejar activitats d'avaluació no reproductives que serveixin per a promoure la capacitat de transferir i argumenten que una de les variables que pot permetre millorar la capacitat de transferir els aprenentatges és plantejar els processos d'ensenyament dels coneixements científics (models teòrics, entre d'altres) abordant-los des d'un context, sempre que es donin al mateix temps altres condicions didàctiques. La literatura sol distingir entre transferències properes i llunyanes (Gómez, Sanjosé, & Solaz-Portolés, 2012) però ho fan només en termes de la similitud entre els dos contextos (el d'aprenentatge i el d'aplicació) i poden haver altres elements que hi contribueixin com les proposades per Lobato (2006) i Barnett & Ceci (2002) que defensen la importància de l'estructura del coneixement abstracte que està implicat en la transferència. Sembla interessant recollir les visions generals de la transferència des de la psicologia i construir una concepció de la transferència més apropiada per a didàctica de les ciències, atesa la idiosincràsia del coneixement científic respecte a d'altres camps del saber. Tal i com es comentarà al capítol següent, la revisió de la literatura ens indica que actualment hi ha molt d'interès en la contextualització de les ciències però s'ha investigat poc la transferència de models teòrics de la ciència utilitzant seqüències didàctiques contextualitzades en l'educació secundària obligatòria.

A part del problema de la transferència, segons Gilbert (2006) hi ha altres problemes que cal afrontar a l'educació química actual i que el treball en context hauria d'abordar i intentar solucionar:

- Els currículums són excessivament llargs i normalment plens de continguts que seran només necessaris pels que optin per itineraris científics. És ben coneguda la dificultat de retallar contingut per part del professorat especialista i la obsessió per acabar els llibres de text, cosa que molt sovint es tradueix en prioritzar aquelles idees que es necessitaran en cursos posteriors i no les que necessita un ciutadà del futur per a prendre decisions en la vida quotidiana. Un exemple d'aquest fet és la dedicació de

moltes hores a la formulació i nomenclatura inorgànica a 3r d'ESO, ja sigui perquè alguns currículums ho expliciten o per la interpretació que fan les editorials dels currículums. Caldrà decidir, raonadament, quines són les idees clau de la química que tot futur ciutadà ha de conèixer per poder actuar davant dels problemes del futur i en aquest sentit la selecció dels contextos rellevants per a l'alumnat ens pot servir de guia per a seleccionar les idees clau de la "química per a tothom".

- Els conceptes s'aprenen aïllats. Els ítems que apareixen als currículums estan molt desconnectats entre sí i els estudiants no saben com donar significat i utilitat a allò que treballen a l'aula. A més, la divisió de la ciència en disciplines, la manera d'avaluar per temes concrets o l'avaluació de manera simple (cada pregunta es sol centrar en única idea científica) dificulten que l'alumnat desenvolupi la seva capacitat d'interrelacionar diverses idees clau alhora, de temes diversos i disciplines diferents. L'aprenentatge de models teòrics construïts mitjançant activitat científica escolar, s'ha evidenciat com una bona estratègia per a aprendre les idees clau de manera interrelacionada (Mercè Izquierdo, Espinet, & Sanmartí, 1999). Malgrat això, els estudis fets fins ara s'han centrat en la interpretació de fenòmens químics de laboratori, és a dir, situacions acadèmiques que no són fàcilment connectables amb contextos rellevants de la vida quotidiana i que tinguin més sentit per a l'alumnat. Sembla interessant poder trobar un punt d'unió entre la modelització teòrica de l'activitat científica escolar i la contextualització.
- Manca de rellevància. Sovint els alumnes eviten la química quan aquesta es presenta de manera optativa o l'escullen com un mal necessari per a estudiar quelcom en el que estan realment interessats, per exemple, la medicina. Un factor que hi contribueix és la poca presència de la química en positiu als mitjans de comunicació. Per tant no és d'estranyar, que la imatge d'un químic que té l'alumnat sol ser la d'un home amb bata blanca, despentinat, poc sociable i excèntric que fabrica additius, explosius, drogues i contamina el medi ambient. La sèrie de televisió "BreakingBad" d'èxit mundial, reforça aquest estereotip explicant la vida d'un professor de química carca i malhumorat que deixa la docència per posar-se a sintetitzar metamfetamina i agafa com a soci a un alumne seu que li fa de "camell". És ben sabut que l'ús que es fa de la paraula "química" en el llenguatge quotidià sol tenir connotacions negatives, amb alguna excepció (tenir química entre dues persones pot ser sinònim de bona relació). Segons Izquierdo (2004) a la pàgina 116:

“Se detecta una cierta crisis en la enseñanza de la química, que se manifiesta en las opiniones desfavorables de quienes que, ya de mayores, recuerdan la química como algo incomprendible y aborrecible; en la falta de alumnos cuando la asignatura es optativa; en los recortes que va experimentando en los currículos (no universitarios y universitarios); en la disminución de estudiantes que escogen

la química como carrera; en las connotaciones negativas que tiene la química, que no se compensa con la afirmación trivial 'todo es química' que surge de los propios químicos, pero que no convence a los que no lo son, porque no la comprenden”.

- Èmfasi no adequat. Tradicionalment, el professorat de química de secundària té com a objectiu ensenyar als alumnes els continguts amb valor propedèutic, és a dir, els conceptes fonamentals que serveixen com a base per a un estudi més avançat de la química en cursos posteriors, deixant de banda idees clau sobre naturalesa de la ciència o conceptes metadisciplinars (sistema/entorn, canvi/regularitat, etc). Gilbert (2006) comenta que aquest enfocament no és adient tenint en compte que molts estudiants no continuaran estudiant la matèria i passa per alt l'objectiu principal d'alfabetitzar científicament als futurs ciutadans.
- La manca de vocacions científiques. Es tracta d'una paradoxa, ja que la societat cada cop demana més avenços tecnològics (que es deriven d'avenços científics) per a afrontar els reptes que com a societat ens anem trobant però aquesta clara demanda de professionals sembla que no es correspon amb un interès per part dels alumnes, almenys pel que fa a les ciències pures i les enginyeries. En aquest sentit, la contextualització de l'ensenyament pot jugar el seu paper, ja que Schwartz (2006) apunta que després de la implementació d'un projecte de química en context als instituts dels Estats Units, es va detectar un augment considerable de la quantitat d'alumnes que escollien cursar aquesta matèria en estudis posteriors.

Pel que fa als models teòrics s'ha argumentat que l'aprenentatge dels models teòrics de la ciència (per exemple, el model discontinu de la matèria o el model canvi químic) és una eina útil per a un aprenentatge significatiu de la ciència que ajuda els estudiants a assolir l'alfabetització científica. Aquest aprenentatge requereix el desenvolupament de la capacitat de fer abstraccions que combinen diverses idees de la ciència amb idees sobre la ciència (indagació i naturalesa de la ciència) per tal d'explicar o predir fenòmens del món natural. Per aquest motiu, ens sembla especialment interessant investigar fins a quin punt els models teòrics que s'han après en un context, es poden aplicar a altres situacions noves quan el coneixement s'ha ensenyat mitjançant un enfocament basat en contextos. Els contextos representen situacions reals o versemblants que permeten treballar un o diversos models teòrics que inclouen conceptes molts diversos d'una mateixa disciplina o fins i tot de diverses disciplines. Els professors d'una matèria hem d'optar per un fil conductor a l'hora de programar el curs i dissenyar les unitats didàctiques i l'ús del context planteja un dilema: que la seqüència se centri en una narració amb contextos connectats entre si i es vagin resolent els problemes o estudiant les situacions que hi van apareixent i per tant es van aprenent i utilitzant només aquelles idees clau necessàries; o bé que la seqüència prioritzi la construcció d'un model teòric amb totes les seves idees clau, però aquestes idees

s'introdueixen a partir de l'estudi de contextos seleccionats, més o menys relacionats entre si. Per suposat, hi haurà tot un ventall de situacions intermèdies i per tant, caldrà investigar quin tractament dels continguts i els contextos permet la construcció dels models teòrics de la ciència de manera que es promogui la seva transferència.

Tornant a les proves PISA, la capacitat d'explicar i predir fenòmens científicament és una de les tres subcompetències que caracteritza la competència científica segons el nou marc teòric de PISA 2015 (OCDE, 2013). Aquesta subcompetència està molt relacionada amb la transferència com a habilitat cognitiva i ha sigut el focus d'aquesta recerca. La nostra hipòtesi és que les propostes didàctiques d'ensenyament-aprenentatge que integrin la contextualització (on els contextos no són només el punt de partida sinó la estructura central de l'ensenyament), la modelització (entenenent per model el pensament abstracte que representa una part de la realitat amb un objectiu concret i que engloba llenguatges, experiències i valors) i la metacognició (ser conscient de les dificultats del procés d'aprenentatge i com anar-les superant) podrien fomentar la capacitat de transferir i l'alfabetització científica de l'alumnat.

La major part de la recerca educativa sobre context s'ha centrat en l'alumnat de més de 15 anys, que sol correspondre a etapes post-obligatòries (batxillerat, cicles formatius o universitat) o cursos obligatoris però amb la selecció d'alumnes que han optat per l'itinerari científic (Bulte, Westbroek, de Jong, & Pilot, 2006). Aquest aspecte és una limitació d'aquests estudis pel que fa al desenvolupament de la competència científica de tota la ciutadania, ja que en aquestes etapes una bona part de l'alumnat ja ha fugit de les ciències, sigui per considerar-les avorrides, poc útils o massa difícils. Per aquest motiu aquest estudi s'ha centrat en l'alumnat de 3r d'ESO, ja que aquest curs és l'últim en que tot l'alumnat treballarà continguts científics i, a més, a finals d'aquest curs haurà de decidir si orientar el seu futur acadèmic cap a les humanitats o cap a la ciència i la tecnologia.

En resum, l'estat actual de la recerca en didàctica de les ciències ens deixa oberts molts interrogants susceptibles de ser investigats al voltant dels dos focus d'aquesta tesi: contextualització i transferència.

Sobre contextualització i modelització:

- Què pot ser un context? Quines característiques tenen? Quins són els més adients per a l'ESO?
- Quina organització dels contextos i els models teòrics promou un aprenentatge més significatiu?
- Com relacionem els contextos i els models? Un sol context per a aprendre un model teòric? Diversos contextos per a un model? O un context per a aprendre molts models? O molts contextos per a molts models?

- Quins són els fonaments i les problemàtiques dels projectes de "ciències en context" que s'utilitzen actualment al món?
- Com de gran ha de ser un context? Pot tenir subcontextos? Quins criteris cal fer servir per triar-los?
- Com es fan emergir les idees clau del model a partir de l'estudi del context? Com les interrelacionem?

Sobre transferència i avaluació:

- Contextualitzar promou l'adquisició de coneixements transferibles o dificulta la transferència?
- Com es fa per avaluar la capacitat de transferir de manera productiva i contextualitzada?
- Quins factors determinen que una transferència sigui propera o llunyana, és a dir, més o menys realitzable pels estudiants?
- Com podem promoure que l'alumnat realitzi transferències el més llunyanes possibles?

1.2 Concreció dels objectius de la recerca

Aquesta recerca té dues parts diferenciades però relacionades. Per una banda, l'ús del context en l'ensenyament i aprenentatge del coneixement científic; i per l'altra, la transferència d'aquest coneixement científic des del context en que s'ha après a d'altres contextos nous. Finalment, ens ha semblat important elaborar un marc de referència que fos útil per a la comunitat educativa. Per aquests motius, s'ha concretat la investigació en tres objectius:

Objectiu 1:

Anализar potencialitats i problemàtiques del treball en context a partir de la percepció de l'alumnat sobre aquesta metodologia.

Objectiu 2:

Descriure, analitzar i interpretar la capacitat de transferir coneixement químic a nous contextos per identificar els factors que la promouen o la dificulten.

En base a això, es plantegen, tres subobjectius:

- **Subobjectiu 2.1:**

Identificar els raonaments que fan servir els alumnes per a transferir a partir d'una entrevista.

- **Subobjectiu 2.2:**

Analitzar les dificultats dels alumnes sobre l'ús de les idees i el llenguatge per a transferir quan han de justificar un fenomen.

- **Subobjectiu 2.3:**

Comparar la capacitat de transferir i la vocació científica d'un grup d'alumnes que ha seguit un ensenyament contextualitzat i integrador amb altres grups d'alumnes i analitzar les possibles causes de les diferències identificades.

Objectiu 3:

Elaborar propostes concretes de disseminació dels resultats d'aquesta recerca que es justifiquin a partir dels marcs teòrics de referència i els complementin.

En base a això, es plantegen, dos subobjectius:

- **Subobjectiu 3.1:**

Justificar un conjunt de criteris per a l'elaboració d'unitats didàctiques contextualitzades i integradores que promoguin la capacitat de transferir el coneixement científic.

- **Subobjectiu 3.2:**

Caracteritzar un model per a la transferència que sigui útil per al disseny d'activitats d'avaluació i per a diferenciar entre transferències properes i llunyanes.

1.3 Organització general de la memòria

Aquesta memòria consta de 7 capítols. En aquest primer s'ha contextualitzat el problema investigat i s'ha justificat la necessitat de fer-ho, en el marc de les recerques nacionals i internacionals en didàctica de les ciències.

En el capítol 2 es discuteix el marc teòric que impregna tota la memòria, des dels objectius de recerca fins a les conclusions.

En el capítol 3 es presenta l'enfocament metodològic general de la tesi així com les característiques dels participants d'aquesta recerca i els instruments de recollida de dades.

En els capítols 4, 5 i 6 es presenta l'anàlisi de les dades, els resultats de cada objectiu i la seva discussió fent servir el marc teòric del capítol 2.

En el capítol 7 s'exposen les conclusions de cada objectiu de recerca, les implicacions educatives i personals, les limitacions de la recerca i es fan propostes de continuïtat d'aquesta línia d'investigació.

Al final de la memòria, s'hi pot trobar el llistat de referències bibliogràfiques, els índexs de taules i figures i el contingut del DVD annex al document escrit.

Capítol 2

Marc teòric

2.1 Els inicis: El moviment Ciència-Tecnologia-Societat al món

Als anys 50 la química només s'ensenyava a una minoria de la població en les etapes obligatòries: els futurs científics. Durant la dècada dels 60, la didàctica de les ciències va emergir com a branca de coneixement i va ser aleshores quan van tenir lloc els primers canvis en els llibres de text, es passa d'una química molt descriptiva a una química de les teories i els principis de la química física alhora que es publiquen els primers manuals de laboratori per a la docència. Alguns dels detonants sociopolítics que van impulsar aquesta nova tendència van ser les conseqüències de la segona guerra mundial, la guerra freda de l'època Sputnik (1957) i els moviments ambientals i feministes (Figura 1), fet que va evidenciar la importància de la formació científica de la població. També va ser durant els 60 que van aparèixer els primer projectes per a l'ensenyament de la química: CBA, "Chemical Bond Approach"; CHEMS, "Chemical Education Material Study" i SCIS, "Science Curriculum Improvement Study" i el primer projecte de química de la fundació Nuffield, els quals van disposar de molt suport econòmic per a la seva difusió i per això es van traduir al castellà uns anys més tard. Cap als anys 70 apareixen els primers cursos de "ciències per a tothom" (com la ciència combinada de Nuffield) i es consolida la didàctica de les ciències com una branca de coneixement amb la creació de diverses revistes de recerca internacionals. També durant aquesta dècada van aparèixer les primeres investigacions sobre les concepcions alternatives que fan influenciar molt la recerca en didàctica de les dècades posteriors (Solbes, Alís, & Furió, 2006). El fet que l'estudi de les ciències es dirigís cap a tots els estudiants faria aparèixer la inclusió de temes Ciència-Tecnologia-Societat cap als anys 80, per tal de resoldre el problema de la desmotivació envers les ciències que mostraven molts estudiants. Des del primer moment es va justificar aquesta tendència CTS argumentant que la ciència esdevindria més significativa per a l'alumnat si es facilitava percebre com aquesta afecta la tecnologia i la societat, fet que es traduiria en un increment de vocacions científiques. Aquests projectes CTS són l'origen dels projectes en context que apareixeran als anys 90 (com per exemple el "Salters Advanced Chemistry") i per als posteriors enfocaments basats en els temes sociocientífics orientats cap a la presa de decisions fonamentada (Caamaño, 1994).

Segons Solomon & Aikenhead (1994), el moviment CTS tracta de "integrar el coneixement científic en contextos socials i tecnològics que siguin significatius per a l'alumnat". Però caldria concretar com seleccionar els contextos, quin coneixement integrar amb ells, com dur a terme aquesta integració en el disseny d'unitats didàctiques (UDs) i com portar-les a les aules. Probablement, pel fet de no abordar apropiadament aquests reptes, el moviment CTS pot haver quedat relegat a temes o cursos específics sobre algunes temàtiques CTS o quadres informatius incrustats entre la teoria en els llibres de text tradicionals de ciències.

Malgrat això, l'essència del moviment CTS segueix estant present en les línies actuals d'investigació en educació científica.

La definició més citada i acceptada entre la comunitat CTS és la donada per Aikenhead (1994):

"Els mètodes CTS són aquells que posen èmfasi en les connexions entre ciència, tecnologia i societat per mitja de:

- artefactes o processos tecnològics;
- interaccions entre tecnologia i societat; temes socials relacionats amb ciència i tecnologia;
- contingut de ciències socials que aporta llum a un tema social però relacionat amb ciència o tecnologia;
- temes socials, històrics o filosòfics relacionats amb la comunitat científica o tecnològica."

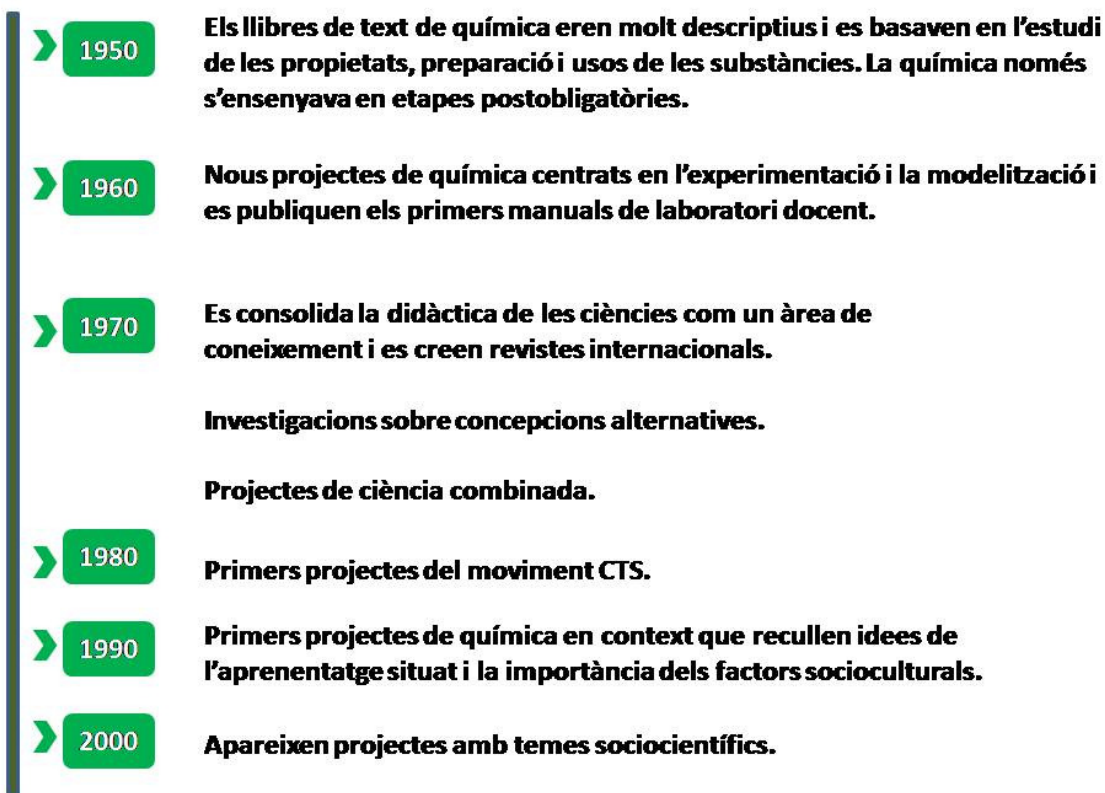


Figura 1. Eix cronològic de la història de la didàctica de la química del segle XX.

L'investigador que va donar el nom a aquest moviment, Ziman (1994), afirma que un dels motius pels quals no s'ha consolidat el moviment CTS ha estat la falta d'un marc teòric coherent que unifiqui les diferents visions i objectius dels impulsors d'aquest enfocament. Zeidler et al. (2005) argumenten que el moviment CTS s'ha vist superat per l'ús de temàtiques sociocientífiques (en anglès, SSI, socio-científic issues) perquè es centren en empoderar a l'alumnat per a prendre decisions sobre temes de ciència que els afecten personalment en pertànyer al seu entorn físic i social ja que tracta temes èticament controvertits que són més rellevants per a l'alumnat. Malgrat la crítica anterior, Aikenhead (2005) va caracteritzar les diferents maneres d'integrar temes CTS amb l'objectiu de trobar uns fonaments teòrics didàctics per a la gran diversitat d'enfocaments. A la Taula 2 es recullen les vuit categories CTS que l'autor va definir en ordre creixent de quantitat de temes CTS i decreixent de contingut teòric de les disciplines científiques. Al costat s'ha inclòs una interpretació de cada categoria mitjançant un exemple sobre el canvi químic i el context dels nous materials amb propietats sorprenents (kevlar, grafè, fibra de carboni, etc).

Taula 1. Categories CTS als cursos de ciència escolar. Font: Adaptació pròpia de Aikenhead (2005)

Categoria	Exemple
1. Motivació mitjançant contingut CTS	Iniciar el tema del canvi químic amb una notícia de diari sobre materials amb propietats sorprenents però saltant dràsticament al contingut teòric, el qual esdevé el fil conductor de tot l'aprenentatge.
2. Infusió casual de contingut CTS	Tractar el tema del canvi químic de manera abstracta però casualment fer breus connexions amb aspectes sobre nous materials però com anècdotes improvisades.
3. Infusió intencional de contingut CTS	Tractar el tema del canvi químic de manera abstracta i teòrica però planificar breus connexions amb aspectes CTS sense que la temàtica CTS sigui el fil conductor.
4. Disciplina particular a través de contingut CTS	La temàtica esdevé el fil conductor per a l'estudi d'idees clau però només de la química.
5. Ciència a través de contingut CTS	La temàtica es fa servir com a fil conductor per a introduir idees clau de diverses disciplines científiques, prioritant l'aprenentatge de les teories de la ciència.
6. Ciència junt amb contingut CTS	La temàtica es fa servir com a fil conductor per a introduir idees clau de diverses disciplines científiques però també és prioritari el coneixement descriptiu sobre el tema CTS.
7. Infusió de ciència en contingut CTS	La temàtica dels nous materials es tracta de manera descriptiva però afegint algunes idees clau de teories de la ciència sense aprofundir en el seu significat, per exemple un dibuix d'una estructura química sense explicar el significat.
8. Contingut pròpiament CTS	La temàtica dels nous materials es tracta també de manera descriptiva, destacant els seus efectes en la societat i els desenvolupament tecnològics que impliquen, però sense aprofundir en les teories científiques subjacents.

Més contingut CTS

Més contingut teòric

El moviment CTS va ajudar a crear xarxes d'investigadors i professors arreu del món que buscaven innovar en l'ensenyament de les ciències. Però cada país té la seva pròpia història sobre com van portar a la pràctica l'enfocament CTS i això ha contribuït a que no existeixi un marc teòric precís. Malgrat això, tota la recerca en aquesta línia ha propiciat canvis en el disseny dels currículums i ha promogut l'elaboració de nous projectes de ciències i l'edició de llibres de text innovadors i que es basen en recerques en didàctica de les ciències. Aikenhead (2005) reconeix que el moviment CTS ha perdut intensitat sota aquesta lema, però que en realitat molts dels temes actuals de recerca en didàctica tenen el seu origen en aquest enfocament i mantenen bona part de l'essència CTS. Alguns exemples són l'alfabetització científica i els projectes de ciència per tothom, l'ús de controvèrsies sociocientífiques, els projectes en context, les escoles STEM (science, technology, engineering and mathematics) entre d'altres. Aquests nous lemes, segons ell, també tenen l'objectiu de buscar noves maneres d'entendre l'educació científica però potser també atenen a la necessitat de sobreviure publicant en el món acadèmic amb noves sigles.

Pel que fa a l'avaluació dels projectes CTS, a la literatura es poden trobar diverses investigacions, algunes interpretatives i d'altres quasiexperimentals, que comparen l'ensenyament de les ciències en grups amb mètodes tradicionals i grups que han seguit projectes CTS. Per exemple, Tsai (2000) va investigar l'efecte de fer servir un projecte CTS amb noies estudiants de secundària de 15-16 anys i van trobar efectes positius en les creences epistemològiques dels estudiants i en la seva capacitat cognitiva, fet rellevant ja que la presència de la dona en la ciència i la tecnologia és menor. Quant a la química, existeixen diverses recerques que han comparat l'aprenentatge d'alumnes en grups CTS i grups tradicionals als Estats Units (Sutman & Bruce, 1992) arribant a resultats molt concloents pel que fa a la millora de l'interès i la motivació per la química, però resultats menys clars en relació a la millora en l'aprenentatge. Si més no, els autors afirmen que els resultats no empitjoren, fet que ja es destacable perquè s'emfatitza la rellevància de la ciència i la tecnologia a més dels aprenentatges teòrics dels projectes que no són CTS. Tot i això, molts professors afirmaven no tenir clar que ChemComm servís per preparar l'alumnat que optaria per graus universitaris científics. Existeixen moltes més recerques sobre l'avaluació de l'enfocament CTS/contextualitzat com per exemple totes les de la família Salters que van passar de denominar-se CTS a "context-based". Per aquesta tesi són interessants les basades en l'aprenentatge de la química i per aquest motiu es discutiran aquests treballs a l'apartat 2.2.3.

A Espanya, el moviment CTS va seguir la seva pròpia història tant pel que fa a la investigació educativa de les universitats com a l'adaptació de projectes curriculars com els Salters de biologia, física i química. Acevedo et al. (2013) fan un resum de la influència CTS en l'ensenyament de les ciències dels últims 20 anys. Segons aquests autors els temes CTS s'han abordat tant des de les ciències socials com

des de les ciències experimentals, però amb objectius diferents. També fan una revisió històrica que evidencia la contraposició entre la tradició dels Estats Units i la d'Europa, la primera més pragmàtica i associada a la resolució de problemes científics i tecnològics d'interès social; mentre que la segona prioritza l'estudi dels aspectes socials i culturals de la ciència com a disciplina.

Acevedo et al. (2013) discuteixen sobre els continguts dels cursos purament CTS i n'identifiquen de quatre tipus:

- Naturalesa de la ciència; plantegen el dubte de si aquesta s'ha d'ensenyar de manera explícita en els currículums.
- Qüestions socials; destacant que cal promoure una visió de la ciència que fuig dels extrems; és a dir, ni una visió científista o del determinisme científics, ni tampoc una visió de la ciència com la responsable de tots els mals de la humanitat. Ambdues percepcions promouen la desconfiança cap a la ciència i la promoció de les pseudociències, els moviments antivacunes i la publicitat enganyosa.
- Productes i processos tecnològics; tot i que molts tecnòlegs adverteixen que en la majoria de projectes CTS es mostra la tecnologia com una disciplina supeditada a la ciència, probablement per la manca d'enginyers o tecnòlegs que participen en la seva elaboració.
- Temes transversals d'educació sobre: pau, salut, consum, gènere, medi ambient, etc

A Espanya els continguts CTS van impregnar notablement els nous currículums de la dècada dels 90, fet que es va traduir en la creació de l'assignatura optativa al nou batxillerat "Ciencia, tecnología y sociedad" que anys més tard esdevindria obligatòria per a totes les especialitats amb el nom de "Ciencias para el mundo contemporáneo" però que recentment ha tornat a quedar relegada a ser una optativa, ara amb el nom "Cultura científica" a la nova llei de millora de la qualitat educativa (LOMCE). A part d'aquests cursos CTS purs (Categoria 8 de la Taula 1), el currículum també va recollir algunes temàtiques CTS en les assignatures troncales de ciències de la naturalesa i tecnologia de l'ESO i el batxillerat però la seva presència en els llibres de text i les aules ha estat mínima. Caamaño (1995) discuteix que a més dels cursos CTS purs, ens podem trobar també amb projectes curriculars que tracten temes CTS en cursos de ciències estructurats en base als conceptes; o bé, projectes de ciències estructurats a partir del contingut CTS. Alguns projectes CTS que es van experimentar a Espanya durant els anys 90 provenen de fer una traducció quasi literal de la versió anglesa dels projectes Salters de física, química i biologia que va ser utilitzada per grups de professors experimentadors a València, Madrid i Barcelona. Fruit de la popularitat del moviment CTS a la península, la revista Alambique va dedicar un monogràfic a l'educació CTS al 1995 (Caamaño, 1995), amb articles sobre:

- Naturalesa de la ciència en els enfocaments CTS .
- La presència de la tecnologia en els projectes CTS .
- El plantejament de la nova assignatura del batxillerat.
- La presentació d'alguns projectes CTS internacionals i nacionals rellevants.

En el llibre de Membiela (2002) s'ofereix una visió panoràmica del moviment CTS a la península ibèrica fins a la data i el llibre recull articles amb propostes i reflexions dels principals impulsors del moviment CTS a Espanya i Portugal. D'aquest treball cal destacar que la química és potser la disciplina científica on més s'ha detectat la necessitat d'un ensenyament connectat amb les demandes de la societat (fet que es justifica en els capítols sobre el projecte de química Salters i el projecte APQUA ("Aprendizaje sobre productos químicos, sus usos y sus aplicaciones). Però també destacar l'anàlisi que es fa de les actituds i creences de l'alumnat i el professorat pel que fa a l'aplicació dels projectes a l'aula que indiquen que no es percep l'objectiu original d'una alfabetització científica lligada a la capacitat d'aplicació de la ciència al món de la tecnologia i als problemes de la societat.

Segons Solbes & Vilches (1992), les interaccions CTS (per referir-se a les connexions entre coneixement científicotecnològic i realitats socials) estaven d'acord amb una visió constructivista de l'aprenentatge i, per tant, els temes CTS ajudarien a fer emergir les idees prèvies de l'alumnat i que aquestes evolucionessin cap a les explicacions científiques. Segons els autors, per al cas de la física i la química és especialment necessària la seva presència ja que els autors van detectar una mala imatge d'aquestes ciències en l'alumnat que s'allunya molt de les seves aplicacions tecnològiques i implicacions socials i mediambientals.

Com a síntesi d'aquest apartat, els moviments CTS van ser el fonament per a l'aparició d'una "nova" metodologia per a l'aprenentatge de les ciències: la contextualització o ús de contextos per aprendre ciències. No hi ha una frontera clara entre CTS i l'ús del contextos, de fet, segons la classificació de la Taula 1, en molts casos es podrien considerar estratègies equivalents. Tant és així, que l'impulsor del moviment CTS als Estats Units (Yager, 1996), va definir CTS com "un context per al currículum de ciències". En el capítol següent, es mostrarà una revisió bibliogràfica del moment en que es passa del terme CTS al terme "context" tot procurant recollir les moltes visions sobre ensenyar de manera contextualitzada (Pipitone, 2013). D'entrada, la revisió dels referents teòrics ens indica que la principal prioritat dels projectes CTS era la millora de la motivació i la explicitació de les connexions de la ciència i la tecnologia amb la societat, deixant en un segon pla l'aprenentatge de les idees clau que permeten desenvolupar la competència científica i també la presa de decisions fonamentades en el coneixement científic. Això és degut al fet que cada projecte es dissenya amb un objectiu concret

(millorar la indagació, la motivació, modelització, etc) i l'avaluació del projecte sol demostrar la millorar de l'aspecte proposat però els altres segueixen quedant amb resultats poc satisfactoris. Per tant, és necessari integrar diferents perspectives didàctiques potents en un mateix enfocament.

2.2 L'educació científica basada en l'ús de contextos

A principis del segle XX el terme context comença a proliferar en les recerques educatives, no només les de didàctiques específiques sinó també en pedagogia, sociologia i psicologia. En una revisió (Bennett et al., 2006) sobre les evidències dels efectes positius dels projectes CTS, els autors distingeixen entre educació basada en contextos (EBC) i educació CTS a partir de comparar la definició de (Aikenhead, 1994) amb la següent definició d'EBC:

"L'educació basada en contextos per a l'ensenyament de les ciències implica fer servir contextos i aplicacions científiques com a punt de partida per a construir idees científiques. Això contrasta amb l'ensenyament tradicional que primer desenvolupen l'aprenentatge de les idees i al final parlen de les aplicacions".

Segons Bennett & Holman (2002) una diferència principal entre els projectes en context i els projectes de "ciència a través del context" (categoria 5 de l'espectre CTS de la Taula 1) és que els primers normalment han d'ajustar-se als currículums i les proves externes establertes i per tant es veuen obligats a incloure uns determinats continguts; mentre que per altra banda, la major part dels projectes CTS són més lliures pel que fa a la selecció dels continguts.

Tanmateix, molts autors reconeixen que hi ha un solapament entre les dues definicions i per tant opten per englobar els dos termes al llarg de tota la revisió, tot destacant que el terme "context-based" està més arrelat a Europa, mentre que el "STS" a Amèrica. Més endavant justificarem que aquesta definició no es correspon amb la majoria de projectes EBC ja que el més interessant és que el context no sigui només el punt de partida sinó que esdevingui el fil conductor que legitima la introducció de nous continguts i motiva l'alumnat a aprendre'ls.

Per altra banda, cal anar en compte quan es revisa la idea de context en revistes generals d'educació ja que hi ha una enorme polisèmia al voltant d'aquest concepte i detectem una gran dificultat per a consensuar una definició que pugui ser d'utilitat a totes les ciències socials i que eviti la gran confusió que es genera entre investigadors d'educació. Segons Whitelegg & Parry (1999), en educació la idea de context sol anar associada a una visió molt àmplia que es refereix a l'entorn físic, social i cultural format per la institució educativa, el professor i els alumnes. En aquest sentit, va tenir lloc al desembre de 2014 un seminari a la Universitat Autònoma de Barcelona sobre el concepte de context en l'educació

científica que va reunir investigadors d'àrees diverses: filosofia de l'educació, les didàctiques específiques (socials, naturals, matemàtiques, llengua) i la psicologia.

2.2.1. Del moviment CTS al projectes basats en contextos

El primer article que recull el terme context per a referir-se a l'ús de situacions CTS per a l'aprenentatge de les ciències va ser el de Ramsden (1997). L'autora es refereix a la metodologia en context (en anglès, context-based approach) sense fer cap referència al moviment CTS però definint que es tracta de cursos que "fan servir contextos i aplicacions de la ciència com a punt de partida per aprendre ciències". Malgrat que molts professors tenen com a referència del treball en context els projectes Salters (Campbell et al., 1994), probablement el primer projecte complet en fer servir aquest nom va ser el projecte PLON introduït a Holanda. L'acrònim en holandès es refereix a "Projecte per al desenvolupament del currículum de física" i es va experimentar des del 1972 fins al 1986. Els primers articles sobre el projecte el defineixen com un projecte CTS (Eijkelhof & Lijnse, 1988), mentre que els últims (Kortland, 2007) parlen de projecte basat en contextos. Sembla que molts dels investigadors que han anat publicant sobre el tema, en un principi mencionaven el moviment CTS però posteriorment aquest lema va anar sent substituït pel terme EBC, tot i que l'essència és bàsicament la mateixa: fer servir les connexions entre ciència, tecnologia i societat per ensenyar i aprendre.

En el paràgraf anterior s'ha descrit com la tradició europea del moviment CTS va evolucionar cap a un nou nom. Pel que fa a la corrent americana, la tendència seguida va ser semblant. Un dels projectes pioners va ser el "Chemistry in the Community", curs adreçat a estudiants de secundària que va néixer el 1988 i que al 2011 es va publicar la sisena edició. Els primers articles sobre el projecte el defineixen com un projecte CTS, mentre que els posteriors ja parlen de l'ús de contextos. Tant és així, que la ACS (Societat Americana de Química) va treure al mercat un nou projecte anomenat "Chemistry in context" al 1994, en aquest cas adreçat a estudiants de primer any d'universitat de graus no científics, i més recentment al 2008, s'edita el llibre "Chemistry, the science in context" com a curs adreçat a primer any de graus de ciències. Aquests projectes, i d'altres que tracten de la contextualització de la química, es revisaran a l'apartat 2.2.3. Al següent apartat es revisaran les recerques que fan referència a l'ús de contextos per aprendre ciències en general, sense concretar la disciplina científica.

Per altra banda, també volem destacar l'esforç d'unificació de propostes contextualitzades dut a terme per King (2012). Segons l'autora hi ha moltes metodologies relacionades amb l'ús de contextos que cal considerar per a mirar les seves similituds i diferències, recollim les definicions que proposa l'autora i n'afegim l'última per tal que el mapa sigui encara més holístic:

- Educació basada en contextos, EBC (en anglès, CBE, context-based education): "Metodologia en la que el context o aplicació de la ciència a una situació del món real esdevé el centre del procés d'ensenyament, de manera que els conceptes són ensenyats quan es requereixen per entendre millor la situació del món real plantejada."
- Ciència-tecnologia-societat, CTS (en anglès, STS, science-technology-society): es recull la definició de Aikenhead (1994), de l'apartat anterior.
- Aprenentatge basat en problemes, ABP (en anglès, PBL, problem-based learning): es basa en la resolució d'un problema seguint una metodologia integrativa, és molt habitual en l'educació universitària i sobretot en salut i enginyeries.
- Ciència basada en projectes, CBP (en anglès, PBS, project-based science): es basa en activitats centrades en que els estudiants realitzin indagacions, normalment experimentals, i és molt habitual a l'educació primària i secundària.
- Controvèrsies sociocientífiques, CSC (en anglès, SSI, socioscientific issues): Segons Jiménez-Aleixandre (2010), es tracta de dilemes o temes controvertits que tenen la seva base en nocions científiques però que també estan implicades qüestions socials, ètiques, polítiques i ambientals.

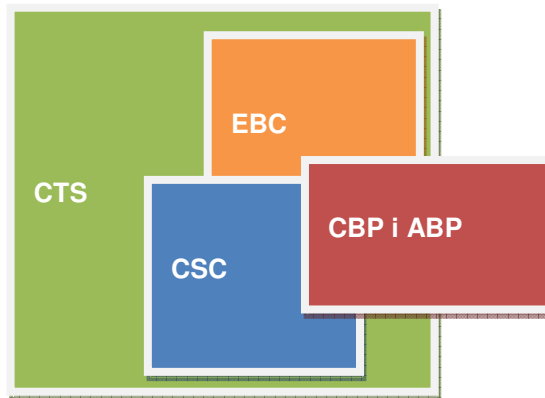


Figura 2. Representació gràfica del solapament entre metodologies que fan servir contextos. Font: pròpia.

El medi ambient com a context d'aprenentatge que originat molt projectes sobre química verda podria incloure's en qualsevol dels tipus d'enfocaments anteriors en funció de la seva orientació.

Pel que fa a la interpretació de la Figura 2, podem dir que el terme CTS seria el terme més global que inclou totalment les CSC i l'EBC però que deixa fora aquells projectes o problemes que són purament teòrics (és a dir, sense connexió amb la

tecnologia o la societat), com per exemple, com varia la temperatura i la pressió d'un gas, o bé, un projecte sobre l'estructura atòmica de la matèria. També podem considerar que el terme SSI està inclòs dintre de les temàtiques CTS i que alguns exemples podrien també ser considerats una EBC, ABP o CBP, però no totes les temàtiques SSI tenen solució abordable des de l'ensenyament obligatori. Per tant, en alguns casos només podrem entendre'ls una mica més i caldrà tenir en compte si es pot indagar experimentalment o si es poden aprendre uns determinats conceptes científics a través de la controvèrsia sociocientífica.

Com a síntesi d'aquest apartat es destaca que la tipologia d'enfocaments didàctics relacionats amb el moviment CTS es poden diferenciar en funció de tres criteris:

- Els tipus de situacions (o contextos) que es fan servir: des dels CTS fins als sociocientífics passant pels mediambientals.
- La metodologia emprada: indagació, resolució de problemes, treball cooperatiu, etc. En aquest sentit, l'ABP i la CBP serien metodologies de treball.
- El tipus de continguts que es pretén aprendre: des de les idees clau de les teories científiques (alguns projectes EBC) a informacions relacionades amb les connexions CTS passant pel coneixement sobre la naturalesa de la ciència i el treball científic dels ABP indagatius.

2.2.2. L'ús de contextos per a l'ensenyament de les ciències

Des de l'any 2000, en diferents parts del món, van començar a aparèixer més projectes i articles d'investigació sobre l'ús de contextos per a aprendre ciències, de manera que el terme "en context" ha guanyat popularitat i s'ha consolidat per sobre del terme CTS, almenys des del punt de vista de les publicacions en revistes internacionals. En aquest apartat revisarem alguns dels més rellevants, pel que fa a l'índex d'impacte de les revistes i el nombre de cites.

A Gran Bretanya es van popularitzar els projectes i les recerques impulsats per l'institut Salters (Campbell et al., 1994), tot i que en aquesta recerca encara se'ls anomena com a projectes CTS, alguns anys més tard parlen d'aprendre "a través de contextos quotidians" (Campbell & Lubben, 2000). Aquests projectes van ser elaborats i impulsats per la Universitat de York, l'Institut Salters i la fundació Nuffield. A més d'elaborar llibres de text a partir de tallers on treballaven mà a mà investigadors en didàctica i professors en actiu, es van dur a terme diverses recerques sobre desenvolupament professional del professorat (George & Lubben, 2002) i cerca d'evidències que mostressin una millora de la motivació, l'interès per la ciència i l'aprenentatge de les idees científiques (Bennett & Holman, 2002; Bennett et al., 2006; Bennett & Lubben, 2005). Els resultats d'aquestes recerques no aporta noves dades en comparació a les recerques de l'apartat anterior sobre educació CTS; és a dir, es detecten millores notables quant a la motivació i

l'interès per la ciència, que no és poc, però els resultats sobre aprenentatge no són concloents.

De manera paral·lela al desenvolupament dels projectes de la família Salters, van emergir altres iniciatives per a l'aprenentatge de les ciències en context en altres països.

A Holanda, a la Universitat de Utrecht, ja havien estat pioners en física contextualitzada amb el projecte PLON comentat anteriorment. Per aquest motiu, uns anys més tard es van elaborar unitats didàctiques contextualitzades per a l'aprenentatge de la química en diferents etapes de l'educació secundària obligatòria i postobligatòria basant-se en el que anomenen "need-to-know principle", principi que es basa en que els contextos han de generar la necessitat de saber més per a abordar una problemàtica concreta o interpretar una situació d'interès. (Pilot & Bulte, 2006b). Posteriorment s'han dut a terme recerques sobre desenvolupament professional en que es dissenyava i aplicava un pla de formació del professorat que l'empoderés a dissenyar els seus propis materials contextualitzats (Stolk et al., 2012). A Austràlia, ben aviat es va començar a parlar de contextualitzar la ciència i els primers projectes que van emergir també varen ser de física (Lye, Fry, & Hart, 2001) i de química (King, Bellocchi, & Ritchie, 2007). Recentment, el "Second International Handbook of Science Education" va publicar un article sobre EBC de investigadors de la Universitat de Queensland a Brisbane, Austràlia (King & Ritchie, 2012) fet que ens indica que es tracta d'una línia de recerca rellevant per a la comunitat d'investigadors en educació científica. Mentrestant, a Espanya, alguns grups de treball formats per professors de secundària van readaptar i modificar els projectes de la família Salters fins a obtenir projectes contextualitzats nous i adaptats al currículum nacional. Els casos que es comentaran són tots ells de l'etapa educativa de batxillerat i, per tant, era una prioritat que estiguessin adaptats al currículum que s'avalua a les PAU (proves d'accés a la universitat), altrament la seva experimentació i difusió serien mínimes. Cal destacar el monogràfic de la revista Alambique sobre "Contextualitzar la ciència" al 2005 que va incloure:

- Una reflexió de la contextualització des de la filosofia de la ciència (Chamizo & Izquierdo, 2005).
- La descripció d'un projecte de biologia en context per al batxillerat (Cabello et al, 2005).
- La descripció d'un projecte de física en context per al batxillerat (Caamaño et al, 2005).
- La presentació d'un projecte de ciències en context (física, química i biologia) elaborat a Anglaterra, a la Universitat de York, anomenat "Ciència per al segle XXI" (Burden, 2005).

Pel que fa a la química, es van formar tres grups de professors a Madrid, Barcelona i València per a traduir el projecte de química Salters de la Universitat de York, adaptar-lo i implementar-lo a la realitat de les aules espanyoles (Caamaño et al., 2002).

Actualment a Catalunya, el Centre específic de suport a la innovació i la recerca educativa en ciències (CESIRE-CDEC) de la Generalitat de Catalunya té constituïts diversos grups de treball de professors en actiu que elaboren, implementen i avaluen projectes en context. Per al batxillerat existeixen tres projectes curriculars per a la química, física i biologia. Els materials didàctics dels projectes estan adaptats al currículum de química de Catalunya i es poden trobar a les següents webs:

- <https://sites.google.com/a/xtec.cat/fisicaencontext/>
- <https://sites.google.com/a/xtec.cat/biologia-en-context/>
- <https://sites.google.com/a/xtec.cat/quimica-en-context/>

Per a l'ESO s'ha elaborat recentment un projecte per aprendre models teòrics a través de contextos interdisciplinaris que s'anomena "Competències de pensament científica, ciències 12-15" (Izquierdo & Marquez, 2013). L'equip que ha elaborat, implementat i avaluat els materials docents està format per professors en actiu i investigadors en didàctica de les ciències. Quan es redactava aquesta memòria encara no s'havien fet públics els materials perquè en aquests moments s'està finalitzant la revisió i edició dels documents. Un dels aspectes més rellevants dels projecte és l'avaluació competencial de l'alumnat a través d'activitats que integren models teòrics de diferents disciplines científiques alhora.

També la revista "Enseñanza de las ciencias" s'ha fet ressò en els últims anys de l'interès en investigar sobre EBC i alguns dels articles recents sobre contextualització que hi trobem són:

- Una presentació del projecte de Biologia per a Batxillerat Salters-Nuffield (Reiss, 2006).
- Una reflexió sobre els riscos de centrar tota l'educació científica només en la contextualització i deixar de banda l'aprenentatge dels sabers teòrics de les disciplines (de Freitas & Alves, 2010).
- Un anàlisi de les valoracions del professorat participant en la implementació d'un projecte de física contextualitzat al batxillerat (Herreras & Sanmartí, 2012).
- La contaminació atmosfèrica com un context per a desenvolupar competències a l'aula de secundària (Lupión & Prieto, 2014).
- La medicalització com un tema sociocientífic que serveix de context per a desenvolupar la competència científica i aprendre continguts sobre el cos humà (Domènech et al., 2015).

Com a síntesi d'aquest apartat es destaca el fet que les recerques sobre la contextualització de les ciències és una línia de recerca molt actual i activa en molts països del món. Malgrat això, hi ha algunes mancances importants que trobem en la majoria de projectes, primerament el fet que la contextualització és duu a terme de manera molt disciplinar, és a dir, no es fan servir contextos que possibilitin l'aprenentatge d'idees de diferents disciplines científiques alhora a través de projectes interdisciplinaris. En segon lloc, els criteris concrets d'elaboració de materials contextualitzats són molts diversos i en molts casos estan poc concretats i fonamentats teòricament, fet que es relacionarà amb el primer objectiu d'aquesta tesi doctoral. Finalment, tot i que en el proper apartat es presentaran alguns resultats de recerques empíriques sobre millores en l'aprenentatge associades a l'ús del context, segueix sent necessari investigar les potencialitats i les problemàtiques de l'EBC pel que fa l'aprenentatge d'idees científiques que permetin el desenvolupament de la competència científica.

2.2.3. L'ús de contextos per a l'ensenyament de la química: selecció d'alguns projectes representatius

De totes les disciplines científiques, la que més ha sigut objecte de projectes i recerques sobre EBC ha estat la química, seguida de la física. Aquest fet pot ser degut a que són dues disciplines amb un grau d'abstracció força alt, mentre que la biologia i les ciències de la Terra són percebudes com més properes a la natura i són més fàcils de connectar amb temes rellevants per a l'alumnat (Solbes & Vilches, 1997).

Primerament, cal destacar el monogràfic del 2006 sobre projectes de química en context a l'International Journal of Science Education i en concret el segon article del monogràfic de Gilbert (2006) , un article molt citat que s'ha convertit en un referent sobre la EBC que va més enllà de la química, ja que el conjunt de reflexions teòriques que hi apareixen és extensible a totes les ciències. L'autor comença identificant alguns problemes que l'educació química ha d'afrontar (han estat recollits al primer capítol) i proposa que la EBC pot ser una manera d'abordar-los. A continuació proposa una definició força holística del terme "context" basada en investigadors d'antropologia i lingüística (Duranti & Goodwin, 1992):

"Un context és un episodi o succés incrustat en el seu entorn cultural sobre el qual centrem la nostra atenció. Té quatre característiques: l'escenari, les accions, el llenguatge i el coneixement ".

L'autor també discuteix les metes que s'haurien d'aconseguir a través de l'ús dels contextos: 1) Promoure un aprenentatge més significatiu de les ciències; 2) Percebre que aprendre ciències és rellevant per a les vides dels alumnes; 3) Capacitar l'alumnat per construir "mapes mentals" coherents amb les idees

científiques que es van aprenent. Una altra aportació interessant de l'autor es la fonamentació teòrica de la EBC en les teories cognitives: constructivisme, aprenentatge situat i teoria de l'activitat. Finalment, es discuteixen quatre models d'aplicació de la idea de context: 1) Aplicació directa al final, després dels conceptes exposats de manera teòrica; 2) Reciprocitat entre conceptes i aplicacions, model que es relaciona amb el moviment CTS; 3) El context com activitat mental personal, model que es relaciona amb situacions, contextos i narracions que configuren un fil conductor; 4) El context que inclou la dimensió social, basat en l'aprenentatge situat i la teoria de l'activitat pel que fa a la rellevància social de l'activitat científica i a la consideració de la comunitat de pràctica, fet que està més lligat als contextos sociocientífics.

El monogràfic també recull una selecció dels projectes curriculars contextualitzats de química. A la Taula 2, els descrivim breuement afegint-ne alguns, tot procurant recollir aquells projectes amb recerques publicades sobre contextualització de la química dels últims 10 anys. Seguidament es resumiran les característiques principals de cada projecte a partir de la informació publicada en revistes sobre disseny, aplicació i avaluació dels projectes. Cal reconèixer que probablement existeixen projectes en molts altres països, entre els quals destacariem els centrats en l'educació ambiental o per la sostenibilitat, com per exemple projectes de química verda. En aquest sentit, el medi ambient és un context rellevant per a l'aprenentatge de la química que apareix en moltes de les unitats didàctiques dels projectes que presentarem a continuació, tot i que és una temàtica entre les moltes disponibles. A continuació revisarem els projectes de cada País.

Taula 2. Característiques dels projectes de química en context.

País	Edats/anys	Projecte	Organisme impulsor
Brasil	15-18	Química Cidadã , Química e sociedade	Universidade de Brasilia
Regne unit	14-18	Salter's Advanced Chemistry Twenty First century Science	University of York & Nuffield Foundation
Alemanya	15-17	Chemie im kontext	University of Oldenburg

Estats Units	16-19	Chemistry in the community i Chemistry in context	American Chemical Society
Holanda	15-18	Nieuwe scheikunde (Química nova)	Utrecht University
Austràlia	15-18	Diverses unitats didàctiques separades	Queensland University
Israel	15-18	Química industrial i la unitat "Taste of chemistry"	Israel Institute of Technology
Turquia	15-18	Diverses unitats didàctiques separades	Karadeniz Technical University i Giresun University

BRASIL

Pel que fa als projectes brasilers (Dos Santos et al., 2009), el primer es va titular química i societat i va ser elaborat per un grup d'investigadors en educació científica de la Universitat de Brasília. L'origen del projecte va ser un programa de formació permanent que fomentava la participació de l'alumnat en l'elaboració de materials didàctics. Actualment el projecte s'ha reformulat i s'anomena Química Ciutadana, consta de tres llibres amb deu unitats didàctiques i està pensat per als tres últims anys de l'educació secundària. El projecte manté l'ordre clàssic conceptual dels continguts de química però fa una selecció de temes CTS que es relacionen amb aquests continguts. A cada unitat hi ha un tema CTS que és el focus principal que es desenvolupa mitjançant textos temàtics sobre processos químics d'interès ambiental, polític, econòmic, social, ètic o cultural. El projecte es caracteritza per posar èmfasi en el debat de temes ciutadans de química. Quant a l'avaluació del projecte, els investigadors destaquen que els professors fan usos molt diversos del projecte, per exemple, alguns es limiten a fer una lectura en veu alta dels textos mentre d'altres utilitzen activitats en grups cooperatius. Una crítica al projecte (Caamaño, 2011) és la manca d'activitats de modelització i experiments d'indagació.

REGNE UNIT

Pel que fa als projecte britànics (Bennett & Lubben, 2006), amb diversos llibres de comercialitzats, tenen els seus antecedents en la dècada dels 80, en ple auge del

moviment CTS, quan va sorgir un dels primers projectes de química per a estudiants de 14-16 anys: Chemistry the Salters approach. Cap als anys 90 es va elaborar el projecte Salters Advanced Chemistry per estudiants de 16-18 anys. Ambdós projectes van ser traduïts i/o adaptats per ser utilitzats en molts altres països. Alguns aspectes a destacar d'aquests projectes són:

- Els centres que opten pel projecte Salters tenen el seu propi sistema d'avaluació externa en acabar la secundària obligatòria (GCSE, general certificate of secondary education) i batxillerat (A-levels). Això no va ser així des de l'inici dels projectes sinó que va ser una demanda dels investigadors i els professors involucrats per guanyar coherència entre els objectius d'aprenentatge dels projectes i l'avaluació sumativa de l'etapa educativa.
- El principi bàsic per al disseny de les unitats va ser utilitzar contextos per aprendre una selecció de conceptes de manera que es millorés la percepció de l'alumnat sobre com la química contribueix a les seves vides i ens ajuda a entendre millor l'entorn natural. Per fer-ho, cal començar per aspectes de la vida dels estudiants i anar introduint els conceptes a mesura que són necessaris.
- Tot i que per afrontar el disseny no es va partir de cap marc teòric didàctic concret, el projecte està impregnat d'idees del constructivisme, l'ús del llenguatge i emfatitza promoure el diàleg entre estudiants i les qüestions sobre gènere i ciència.
- El projecte per al batxillerat s'estructura en tres llibres, un amb les narracions dels contextos, un altre amb els conceptes de química i un tercer d'activitats d'aula, que inclou experiments. També formava part del curs una visita a una indústria química. Els continguts es treballen seguint un currículum en espiral de manera que els conceptes que s'introdueixen en una unitat s'acaben d'aprofundir en unitats posteriors.
- L'avaluació de l'alumnat incloïa: proves externes amb qüestions contextualitzades, dossier autoavaluatiu per a l'alumnat i la realització d'una investigació individual per avaluar competències de laboratori.
- El professorat va trobar el projecte més motivador però exigent per al professorat. Aspectes positius a destacar van ser que els materials proposats al professorat són detallats però flexibles i el suport formatiu que rep el professorat en forma de tallers, fòrums i acompanyament.
- Les recerques empíriques realitzades sobre els projectes indiquen que: 1) l'alumnat Salters és més propens a triar química en estudis posteriors; 2) pel que fa a l'aprenentatge de les idees de química, alguns estudis apunten a que els alumnes Salters no mostren diferències significatives, mentre que estudis concrets sobre els conceptes d'enllaç químic i equilibri si van trobar que el context millorava lleugerament l'aprenentatge.

- La cerca d'evidències sobre la millor eficàcia de la EBC és molt complexa perquè els objectius d'aprenentatge de diferents metodologies i professors són molt diversos i difícilment contrastables.

També cal destacar el projecte per a 14-16 anys anomenat "Twenty First Century Science" (Millar, 2006; Ratcliffe & Millar, 2009) que és una evolució dels primer Salters de química, física i biologia que es planteja com un curs de ciència integrada tot i que els continguts de les tres disciplines es presenten per separat. En aquest projecte la geologia no té entitat pròpia com a disciplina científica i els seus continguts estan repartits entre química, biologia i geografia. Els autors del projecte destaquen que està centrat en el desenvolupament de la competència científica o alfabetització científica (en anglès, Scientific literacy) i que també té per objectiu fer més atractiva la ciència per als adolescents de manera que el nombre d'alumnes que opten per itineraris científics augmenti.

ALEMANYA

Pel que fa als projectes alemany (Nentwig et al., 2007; Parchmann et al., 2006), també amb llibres de text editats i comercialitzats amb el nom "chemie im kontext" (CHiK), van ser desenvolupats i implementats per "comunitats d'aprenentatge" formades per investigadors universitaris de didàctica de la química i per professors i va tenir el suport del Ministeri d'Educació d'Alemanya. El procés d'implementació va anar acompanyat de molts estudis de recerca empírica, com per exemple sobre la percepció del projecte pels professors i els alumnes. Les unitats CHiK presenten 4 fases: 1) contacte amb un aspecte rellevant; 2) curiositat i planificació, identificar els aspectes importants; 3) elaborar, indagar i presentar resultats; 4) aprofundiment i connexió amb altres contextos. El coneixement químic de les unitats s'estructura en base a tres tipus: Concepte bàsic (matèria i partícules), continguts (conservació i canvi, substàncies i propietats, àtoms, molècules...) i contextos (menjar, bateries, combustibles...). Comparant amb la nomenclatura d'altres autors, el que anomenen concepte bàsic, serien els models teòrics clau o les grans idees de la ciència, mentre que el que anomenen continguts serien les idees clau científiques que configuren cada model o gran idea. Quant als criteris per a dissenyar les unitats didàctiques es van emprar temes rellevants i autèntics, una àmplia varietat de mètodes i activitats d'ensenyament-aprenentatge i els conceptes clau es van treballar en forma de currículum en espiral al llarg de totes les unitats del projecte. Els resultats més destacables després de l'aplicació i avaluació del projecte varen ser:

- Sobre l'alumnat: Com en anteriors recerques la motivació es va incrementar, en comparació amb altres cursos convencionals, i el que és més important, la motivació es va mantenir o incrementar al llarg del curs. Un altra dada a destacar es que el percentatge d'alumnes que en cursos posteriors van optar per la química va ser molt superior però les

entrevistes indiquen que la influència de l'estil professor va ser clau. L'alumnat va destacar com a positiu que havien estudiat temes presents a les seves vides però van criticar el fet que era fàcil perdre's en la complexitat del context i costava aclarir quins eren els objectius d'aprenentatge. Quant a la mesura de l'aprenentatge, els primers intents de recerca van mostrar una gran diferència entre grups amb la mateixa metodologia que no permetia treure conclusions sobre l'efectivitat del projecte CHiK, només un estudi sobre àcids i bases va mostrar uns resultats significativament superiors per alumnes CHiK en comparació a mètodes tradicionals.

- Sobre el professorat: Es destaca la importància de col·laborar en l'elaboració dels materials que s'han d'implementar i la llibertat per escollir activitats i temes. Malgrat això, alguns professors van exposar problemes amb l'alumnat menys capaç i van mostrar preocupació per la qualitat dels continguts científics, fins i tot alguns professors es van limitar a fer servir el context com una simple introducció.

HOLANDA

Pel que fa als projectes holandesos (Bulte et al., 2006), es va investigar el disseny, implementació i avaluació d'una unitat didàctica sobre qualitat de l'aigua seguint el paradigma didàctica de la recerca basada en el disseny que involucra als participants de la recerca i prioritzant el principi del "need-to-know" (Pilot & Bulte, 2006b). En la seva recerca duen a terme tres cicles de recerca-acció i detallen els canvis que es feien necessaris per a la millora i la seva justificació en cada pas del procés. Alguns aspectes a destacar després de l'avaluació de la unitat a partir de vídeos, qüestionaris i entrevistes són:

- Els estudiants van mostrar molta motivació per a respondre la pregunta guia de la presentació del context i van destacar les activitats de laboratori. Malgrat això, destaquen la importància de que les preguntes que guien la unitat haurien de sortir dels mateixos alumnes. Els indicadors emprats van mostrar que més del 70% de l'alumnat va entendre com i per què emprar paràmetres per a avaluar la qualitat de l'aigua per colorimetria i afirmaven que aquesta manera de treballar els agradava més que la convencional amb el llibre de text. Finalment, cal destacar les seves afirmacions sobre fer experiments però amb un objectiu concret i sabent per què, a diferència dels experiments il·lustratius de química convencional als que estaven acostumats.
- Els autors acaben matisant el terme context com a pràctica autèntica més propera a l'ABP, ja que la resolució d'un problema legitima la necessitat d'aprendre uns nous coneixements. La idea de pràctica autèntica que proposen engloba la situació en la que pren sentit el coneixement però

també les accions necessàries per a realitzar la tasca, idea que va en la línia apuntada per altres autors (Jiménez-Aleixandre & Reigosa, 2006).

- Tanmateix, els currículums són conjunts de moltes unitats didàctiques i en aquest sentit el repte a afrontar seria el disseny de tot un currículum basat exclusivament en pràctiques autèntiques. Per un banda, es reconeix que els conceptes dels currículums actuals pertanyen a pràctiques científiques del segle XIX i principis del XX i el màxim que es pot fer es relacionar-los amb problemes contemporanis però serà complicat establir una connexió significativa entre un problema autèntic i alguns conceptes que tradicionalment s'han considerat com necessaris. Per aquest motiu, els autors proposen que la selecció de pràctiques autèntiques es un mecanisme per identificar els conceptes que hauria d'incloure el currículum de química per a la secundària bàsica. Finalment, els autors proposen molts altres contextos que estan investigant per a conceptes de química més abstractes, alguns exemples són: bolquers superabsorbents, anàlisi de qualitat de productes d'higiene i alimentació, síntesi de nous materials o projectes sobre policia científica i l'escena d'un crim. També reconeixen la importància de la interdisciplinarietat en molts d'aquests contextos i complementar la mirada des de la química amb altres punts de vista.

També a Holanda s'han dut a terme més recerques sobre contextualització de la química que resumirem breument a continuació: 1) Desenvolupament professional a través del disseny de materials contextualitzats; 2) Aprendre sobre models i modelització a través de pràctiques autèntiques contextualitzades.

1. Pel que fa al desenvolupament professional del professorat (Stolk et al., 2009; Stolk et al., 2012), els estudis van descriure una proposta d'objectius, fases d'aprenentatge i estratègies que van formar part d'un programa de formació permanent que empoderés al professorat a dissenyar les seves pròpies unitats didàctiques contextualitzades. El programa comença oferint una unitat predissenyada i a continuació s'orienta als participants a que creïn una de nova i es va investigar aquest procés d'empoderament de manera qualitativa. La seva conclusió és que els professors acaben estan capacitats quan se'ls proporcionen el temps i els recursos necessaris.
2. Quant a la modelització (Prins et al., 2008; Prins et al., 2011), l'objectiu de l'estudi era promoure la visió epistemològica dels models en els estudiants a través d'un pràctica autèntica modelitzadora sobre tractaments de potabilització de l'aigua. Els resultats indiquen que els estudiants van ser capaços d'avaluar els aspectes del model sobre qualitat l'ajust i fiabilitat, i, en menor mesura, el de la validesa de resultats.

Un altre exemple de pràctica autèntica seria la descrita per Jiménez-Aleixandre & Reigosa (2006) en que els alumnes duen a terme de manera justificada tot un conjunt d'accions orientades a esbrinar la concentració d'una ampolla amb àcid clorhídric que ha perdut l'etiqueta i que cal reciclar. És força habitual que aquestes pràctiques autèntiques es situïn en la fase d'aplicació, al final de la seqüència d'aprenentatge, és a dir, que es parteix de la premissa que les idees científiques ja han estat construïdes prèviament (potser a través d'un ensenyament descontextualitzat i expositiu) i aleshores la pràctica autèntica serveix per a posar en pràctica aquests models en una situació real. Per tant, el repte de construir coneixement científic a través de la contextualització no s'aborda.

AUSTRÀLIA

Pel que fa als projectes d'Austràlia (King et al., 2007; King & Ritchie, 2012; King & Ritchie, 2013; King, 2012), els enfocaments didàctics de l'EBC es van implementar a dos estats: Queensland i Victòria, i el fet que en el primer no es realitzés una avaluació externa va facilitar molt la implementació de les unitats didàctiques contextualitzades. A Queensland s'han aplicat projectes de química en context des del 2002 i alguns professors van manifestar una certa angoixa durant la primera aplicació però també van detectar un increment en la motivació i el gaudi de l'alumnat a les classes de química. Un dels problemes que va manifestar el professorat va ser la dificultat que presentava l'alumnat per aplicar els conceptes en situacions diferents de les treballades a l'aula (capacitat de transferir) però en els cursos tradicionals es detecta el mateix problema quan se'ls proposa activitats d'avaluació basades en problemes de la vida real o fins i tot quan són problemes abstractes però que no són idèntics als realitzats a l'aula. Per altra banda, en una unitat de química contextualitzada en l'anàlisi de qualitat de l'aigua una alumna entrevistada va transferir de manera molt creativa conceptes de química de cursos anteriors a un experiment contextualitzat sobre detecció de contaminants a l'aigua. Un altre resultat destacable de la recerca sobre aquesta unitat amb alumnes de 16-17 anys va ser que el contingut en el discurs de l'alumnat amb més capacitats es movia bidireccionalment entre els conceptes i els context (els autors ho anomenen "fluid transitions") i es va justificar que aquest fet es pot interpretar com un indicador d'èxit acadèmic a partir d'un marc teòric sobre la perspectiva dialèctica sociocultural (King & Ritchie, 2013).

ISRAEL

Pel que fa als projectes d'Israel (Hofstein & Kesner, 2006), els primers que van sorgir estaven centrats en la indústria com a context a partir del qual aprendre química. Les seves propostes es basen en l'estudi de casos, com per exemple l'estudi del brom i els seus compostos a partir d'una visita a la indústria del Mar mort. El material proporcionat inclou activitats per fer abans, durant i després de l'estada a la planta industrial i el contingut de química treballat és: àcids i bases, oxidacions i reduccions, energia de les reaccions químiques i equilibri químic, tot i

que no es concreta de quina manera introdueixen aquesta idees de química i per tant no es pot comprovar com es segueix el "need-to-know principle". L'altra recerca sobre context duta a terme per investigadors d'Israel (Avergil et al., 2012) consisteix en el disseny, aplicació i avaluació d'una unitat didàctica sobre alimentació i salut (el títol en anglès és "Taste of Chemistry") amb alumnes de 16-17 anys de l'etapa postobligatòria. Tota la informació sobre el projecte l'hem obtingut dels articles de recerca ja que els materials només estan disponibles en hebreu. Els objectius de recerca d'aquesta unitat van ser: 1) identificar avantatges i inconvenients del professorat que aplicava la unitat contextualitzada; 2) investigar com avaluar habilitats de pensament superior (en anglès, "high order thinking skills") a partir d'unitats didàctiques contextualitzades. Les habilitats en que es van centrar van ser: analitzar gràfics i taules, transferir entre diferents representacions d'estructures moleculars i transferir entre els nivells d'interpretació de la química (macro, micro, simbòlic i procés, segons Dori & Hameiri (2003)). Es van fer servir una gran varietat d'instruments de recollida de dades: entrevistes, observació de l'aula, proves escrites elaborades pel professorat i respostes de l'alumnat a qüestionaris. La seva conclusió principal va ser que l'anàlisi de les proves escrites elaborades pel professorat permetia caracteritzar el seu coneixement didàctic del contingut ja que, segons els autors, l'avaluació contextualitzada és el nivell més alt de capacitat docent. Un exemple d'activitat d'avaluació contextualitzada va consistir en proporcionar a l'alumnat informació sobre tres àcids grassos presents a la xocolata i a continuació s'havia de dibuixar fórmules estructurals, justificar punts de fusió i diferenciar la nomenclatura de la formulació dels àcids grassos. Des del punt de vista del "need-to-know principle", en aquesta activitat el context sembla un pretext que no és necessari per a resoldre les qüestions, és a dir, el contingut contextual no està integrat amb el contingut químic de manera que s'hagin d'interrelacionar els dos per a respondre. Finalment, van fer una comparació dels resultats en una mateixa prova d'alumnes que havien seguit la UD contextualitzada i d'altres que no i van trobar que els alumnes que havien treballat en context van obtenir qualificacions més altes a la prova.

TURQUIA

Pel que fa als projectes de Turquia sobre química en context, s'han trobat a la literatura articles recents sobre unitats didàctiques per a diferents cursos de l'educació secundària per a tractar alguns continguts de química, però en cap cas es tracta d'un projecte curricular complet per a un curs determinat. Cal dir que les metodologies emprades en les recerques són quasi experimentals i no es fan interpretacions qualitatives de dades com entrevistes o observacions d'aula. Per altra banda tampoc poden controlar totes les variables i per aquest motiu les seves conclusions sobre la millora dels enfocaments de l'EBC no són generalitzables. A continuació es resumiran les recerques sobre alguns conceptes clau de la química treballats de manera contextualitzada:

- Sobre la taula periòdica (Hülya Demircioğlu, Demircioğlu, & Çalik, 2009); van aplicar una metodologia pre/post test a dos grups d'estudiants de 15-16 anys, un es va considerar un grup control (enfocament tradicional) i l'altre grup experimental va fer servir uns materials contextualitzats que feien servir narracions. Els seus resultats indiquen que el grup que va seguir una EBC va mostrar millors actituds cap a la química i va demostrar un millor aprenentatge dels conceptes relacionats amb la taula periòdica. El resum dels materials mostra que les històries emprades no són situacions rellevants per a l'alumnat des del punt de vista social o personal sinó curiositats de rellevància disciplinar de la història de la química. Per altra banda, el test aplicat conté qüestions molt descontextualitzades i abstractes i només avalua informació descriptiva que calia recordar per a escollir la resposta correcta de l'opció múltiple.
- Sobre l'enllaç químic (Ültay, 2015); van fer servir vinyetes conceptuals (tipus còmic) com activitats per a transformar les concepcions alternatives dels estudiants en idees químiques. La metodologia emprada també va ser pre/post tests a dos grups d'estudiants de 13-14 anys, un control i l'altre experimental, tot i que en aquest cas també es van dur a terme entrevistes. La seva conclusió es que hi ha evidències d'una lleugera millora significativa en l'aprenentatge de l'enllaç químic quan es fan servir vinyetes conceptuals (van desaparèixer algunes concepcions alternatives detectades al pretest) però s'hauria de complementar aquests materials amb altres metodologies per obtenir una diferència més gran en l'aprenentatge. Quant als materials, l'article mostra un exemple de vinyeta on uns personatges proposen respostes a una pregunta molt tradicional i teòrica i alguns d'ells mostren conegudes concepcions alternatives sobre química. Pel que fa als contextos, o bé són teòrics (és a dir, el context és el mateix contingut químic) o bé només es tracta d'analogies, és a dir, persones o animals que fan d'elements químics o comparar la formació d'un enllaç químic amb anar de compres.
- Sobre la química dels halògens (Ulusoy & Onen, 2014); fent servir un model d'aprenentatge generatiu basat en l'EBC, el seu objectiu va ser identificar millores en la motivació i actituds envers la química així com també millorar la comprensió de conceptes químics. Els autors anomenen aprenentatge generatiu a la transformació del coneixement previ en coneixement química seguint quatre etapes: preliminar, focus, reptes i aplicació. La metodologia emprada va ser igual que en els dos casos anteriors però en aquest cas amb alumnes de 14-15 anys i segons els seus resultats es van detectar millores en els tres aspectes investigats. La descripció dels materials emprats és molt breu i només diu que al principi de la lliçó es descriu la química dels halògens a partir d'una història sobre la vida real i després es duen a terme activitats contextualitzades amb experiments i narracions sobre aplicacions

quotidianes dels halògens. En canvi, el grup tradicional va basar les lliçons en presentacions de PowerPoint i qüestionaris escrits. Segons la descripció de l'acció docent en els dos grups, sembla que un factor molt influent podria ser l'ús d'una metodologia més activa en comparació a una metodologia expositiva, per tant, no es pot concloure quin paper té l'ús de contextos en la millora dels resultats.

- Sobre termoquímica (Cigdemoglu & Geban, 2015); seguint una metodologia com l'anterior van treballar amb dos professors i cadascun d'ells impartia classe a dos grups, en un van seguir un mètode expositiu i tradicional i en l'altre un mètode EBC, en tots els casos amb alumnes de 16-18 anys de l'especialitat científica. En aquest cas l'avaluació fa consistir en preguntes obertes contextualitzades que volien avaluar la competència química en termodinàmica i termoquímica. Fent servir una rúbrica van caracteritzar la qualitat de les respostes i els seus resultats indiquen que els grups que van aprendre amb una EBC van obtenir millor resultats. Tot i que no es mostra la rúbrica, el seu disseny i aplicació es va consensuar amb altres professors i investigadors. No es van detectar diferències significatives de gènere tot i que la temàtica semblava més atractiva per als nois, aquest resultat es pot haver vist afectat per l'ensenyament contextualitzat que d'acord amb la literatura redueix les diferències entre nois i noies pel que fa a l'interès en la ciència. El context principal de la unitat tracta sobre motors des del punt de vista històric (des de la màquina de vapor fins als cotxes d'avui dia) i posteriorment es va aprofundir en el funcionament del motor de combustió a partir d'un vídeo. Pel que fa a l'avaluació de la competència química es va fer servir les calderes de calefacció a les cases i les combustions completes i incompletes de diferents hidrocarburs a partir d'una notícia en la que han mort uns joves per intoxicació de monòxid de carboni. El punt més discutible d'aquesta recerca és el paper que hi juga el professor, ja que la seva actitud no deu ser neutral pel que fa a les dues metodologies i per tant les lliçons seguint els dos mètodes no es poden considerar equivalents. Seria convenient realitzar una entrevista per a tenir informació sobre el seu coneixement didàctic del contingut per ser conscients de quina de les dues metodologies és millor valorada pel professorat.
- Sobre canvi físic i canvi químic (H. Demircioğlu, Dinç, & Çalık, 2013); En aquesta recerca es va investigar l'efecte de l'EBC mitjançant narracions sobre la comprensió de la diferència entre canvi físic i canvi químic a partir de les concepcions alternatives descrites a la literatura per a estudiants de 11-12 anys. Per a satisfer aquest objectiu es va dissenyar un test sobre aquesta idea clau que es va aplicar dues setmanes abans i dues setmanes després de dues sessions amb un enfocament EBC (es fa fer servir una narració sobre els canvis a la cuina d'un alumne) i en aquest cas no es va fer servir cap grup de control. El test es va consensuar amb altres professors i investigadors i va consistir en 10 preguntes d'opció

múltiple. Els resultats mostren que l'ús de contextos va millorar la comprensió d'aquesta idea clau tot i que l'alumnat va centrar la seva atenció en la reversibilitat com a criteri per a distingir canvi físic de canvi químic. La principal crítica d'aquesta recerca és que resulta difícil pensar que el canvi en el coneixement sobre una idea tan complexa només hagi tingut lloc per les activitats que s'han realitzat en aquelles dues sessions, de fet, sembla que els conceptes ja s'havien treballat abans perquè a la primera sessió ja es demana a l'alumnat que digui que entén per canvi físic o químic.

ESTATS UNITS

Pel que fa als projectes americans (Schwartz, 2006), aquest estudi recull el disseny i avaluació del projecte "Chemistry in context" (CiC) per a primer any d'universitat per a graus que no són de ciències. Els autors reconeixen que en cap moment pretenien fer recerca educativa sinó que l'objectiu era elaborar un llibre de text eficient que integrés els contextos i els conceptes que van seleccionar com els més importants de la química per als que no seran científics. Els resultats més destacables amb els que es van trobar van ser:

- A través d'un qüestionari van detectar un increment en la percepció de la importància de la química en la societat i es van reduir notablement els comentaris negatius sobre l'aprenentatge de la química.
- Pel que fa a l'aprenentatge, no han dut a terme cap estudi comparatiu entre CiC i cursos convencionals ja que en aquests últims l'avaluació es sol centrar en recordar fets o resoldre problemes numèrics i els alumnes no estan acostumats a aplicar la ciència a temes socials, per tant dissenyar un test per a comparar ambdós tipus de projectes és molt complex.
- Des del punt de vista comercial, el llibre de text de CiC és un èxit però requereix un esforç de revisió important ja que els contextos es revisen cada 3 anys perquè la informació contextual queda obsoleta molt aviat.
- En els graus científics no es veu amb bons ulls el projecte CiC perquè dedica molt de temps a informació que no és pròpiament de química i el professorat vol dedicar tot el temps a aprendre conceptes de química que consideren imprescindibles. Malgrat això, alguns projectes com "Chemistry: the science in context" o "Chemistry: A General Chemistry Project of the American Chemical Society" que sí van adreçats a alumnat de graus científics, han rebut moltes influències dels projectes CTS com CiC i ChemComm.
- Finalment, una recerca comparativa de Gutwill-Wise (2001) va mostrar resultats molt similars per a dos grups d'estudiants (CiC i tradicional) amb mètodes pre/post test. Però el resultat més destacable va ser que un grup d'alumnes concret va mostrar rebuig cap a l'enfocament contextualitzat i

cap al fet de utilitzar les seves classes com un experiment didàctic. Aquest fet va quedar justificat per les opinions negatives del professor que va implementar el projecte a l'aula. Això evidencia que cap canvi curricular es pot tirar endavant sense una formació adequada del professorat però també planteja dubtes ètics sobre la recerca educativa, per exemple, imposar al professorat innovacions educatives en les que no hi creu. L'últim aspecte que es va investigar va ser el nombre d'alumnes per aula i es va concloure que les activitats del projecte CiC (discussió, experiments, mapes conceptuals) requerien grups de màxim 40 estudiants.

Com a síntesi d'aquest apartat es destaca el fet que la química es la ciència que més projectes contextualitzats i articles de recerca sobre contextualització ha generat. Tal i com ja s'ha dit, el caràcter abstracte i simbòlic de la química ha contribuït a una desmotivació pel seu aprenentatge i aquest fet ha evidenciat la necessitat de buscar nous enfocaments per als estudiants. Les mancances que hem comentat a la síntesi de l'apartat anterior sobre projectes ciències en context segueixen sent importants per als projectes centrats en la química: falta de interdisciplinarietat, manca de criteris concrets i fonamentació teòrica didàctica i necessitat de més evidències sobre les millores en l'aprenentatge de les idees clau. En aquest sentit, destaquem el fet que alguns projectes han optat per reduir la quantitat d'idees científiques abstractes per tal de fer més atractius els projectes a l'alumnat per veure's reduïda la demanda cognitiva. Tanmateix, en aquesta tesi volem argumentar la importància de no renunciar a l'aprenentatge dels models teòrics clau de la química en la secundària bàsica que poden ser útils tant per a l'alfabetització científica de tots els ciutadans com per a la preparació propedèutica dels futurs científics (Furió, Guisasola, Vilches, & Romo, 2001). D'altra banda, alguns dels projectes presentats es basen en unitats didàctiques concretes, per tant, una altra possible aspecte a discutir serà com estructurar tot el currículum dels diferents cursos de les etapes educatives amb els contextos com a fils conductors de manera que es cobreixen totes les idees clau seleccionades com a imprescindibles per a l'alfabetització científica, i fins i tot, com decidir quines són aquestes idees clau. Finalment, en aquesta tesi es prioritzaran les metodologies interpretatives i qualitatives i això dificultarà el control de les variables que contribueixen a l'aprenentatge.

2.2.4. Revisions i crítiques dels diferents projectes de química contextualitzats

Després d'haver revisat els projectes i recerques sobre l'aprenentatge de la química a partir de contextos, citarem breument les discussions més rellevants d'algunes revisions sobre química en context que s'han dut a terme recentment:

- La revisió de Pilot & Bulte (2006a) és una revisió comparativa dels cinc projectes curriculars de química que apareixen en el monogràfic de química en context del "International Journal of Science Education" al 2006. La comparació es va fer a partir d'aplicar el model d'implementació de nous currículums de Van den Akker (1998) per a discutir com cada projecte contribueix als reptes de l'educació química proposats per Gilbert (2006). Algunes observacions destacables són que el grau de seguiment del "need-to-know principle" no és el mateix en tots els projectes i que la tipologia de coneixement químics inclosa és força diferent. Van des de conceptes químics bàsics en el projecte alemany fins a coneixement molt pràctic en l'holandès, passant per contingut principalment contextual en el projecte americà, que és el que no tenia pressió per cobrir un determinat currículum per estar adreçat a itineraris no científics. La principal crítica de la revisió als projectes és la falta de recerca empírica sobre la capacitat de transferir el coneixement químic a contextos diferents, aspecte que s'intentarà abordar en aquesta tes. Pel que fa al professorat, argumenten que la seva implicació és essencial per a una bona implementació dels projectes i aposten per involucrar els docents en els processos de disseny dels materials i posteriors tallers per a guiar la seva implementació a l'aula, tot creant comunitats de professors innovadors. Pel que fa a l'ús dels contextos, argumenten sobre la caducitat dels contextos i que la seva rellevància depèn molt de cada lloc i cada cultura, en conseqüència, els projectes són difícilment transportables d'un país a un altre, si no són adaptats a cada realitat. L'altre aspecte que destaquen com a condicionador de l'èxit és l'existència d'un sistema extern d'avaluació i amb quines directrius s'elabora ja que els projectes s'han d'ajustar als requeriments d'aquestes proves i si no estan dissenyades d'acord amb els objectius del projecte moltes de les activitats poden acabar en un segon pla perquè es prioritzin preparar aquelles competències que s'examinaran. Finalment, destaquen la importància del suport d'una organització prestigiosa als projectes (com l'American Chemical Society o alguna Universitat) i la necessitat de treballar de manera interdisciplinària, és a dir, que els contextos representin una oportunitat per a aplicar de manera conjunta idees de diferents disciplines científiques.
- El treball de Ültay & Çalık (2011) va consistir en una revisió de 34 investigacions empíriques sobre l'efectivitat dels projectes de química en context en relació a les actituds de l'alumnat envers la química i la comprensió del coneixement químic. Una limitació important de l'estudi és el fet d'excloure de la seva cerca bibliogràfica els projectes CTS o de temes sociocientífics d'acord amb el criteri diferenciador proposat per Bennett & Holman (2002), segons el qual els projectes en context han de cobrir uns continguts curriculars determinats mentre que els CTS no. La comparativa entre les diferents recerques es va fer al voltant de cinc eixos: necessitats educatives a satisfer, objectius del projecte, metodologies

emprades, evidències sobre la comprensió del contingut químic (tant si l'afavoreixen com si el dificulten) i implicacions per a l'ensenyament. Quant a les actituds i motivacions dels alumnes, els resultats van en consonància amb el que s'ha recollit en estudis anteriors. Pel que fa a l'aprenentatge, algunes de les problemàtiques que discuteixen els autors són: algunes àrees bàsiques de la química no apareixen en els projectes, preocupació pels alumnes amb menys habilitats que afirmen perdre's en la complexitat del context i que el professorat no té suficient coneixement didàctic per aplicar els projectes sentint-los com propis. Altres observacions destacables de la revisió són que queda pendent investigar la capacitat d'aplicar allò après en un context a d'altres contextos (transferència, aspecte que abordarem en aquesta tesi), la caducitat dels contextos rellevants i la seva dependència de les qüestions de gènere. També es recull una crítica sobre el públic al que van dirigit els projectes ja que la major part d'estudis són dels últims anys de l'educació secundària (per sobre dels 15 anys) i molt sovint amb alumnat que ja ha optat per itineraris científics, i per tant, ja estan motivats per les ciències.

- L'article de King (2012) va consistir en una revisió dels principals projectes de química en context però també del projecte PLON de física. Els tres paràmetres emprats en la comparativa són: rellevància, interès/actituds/motivació i millora de l'aprenentatge. A més a més, l'autora fa una revisió d'altres metodologies educatives relacionades amb el context, que ja s'ha resumit en un apartat anterior i discuteix una proposta de marc teòric per a interpretar allò que passa a les aules quan s'apliquen projectes contextualitzats: la teoria sociocultural dialèctica basada en la Teoria de l'activitat de Vygotsky (1978). De les discussions que fa l'autora subratllarem algunes que encara no han estat discutides en aquest capítol: 1) la importància del currículum en espiral, és a dir, anar enriquint un model teòric clau a partir de l'aplicació en diferents contextos pot millorar la capacitat de transferir de l'alumnat; 2) Molts estudis mostren evidències de la incapacitat de l'alumnat de transferir els conceptes químics més enllà del context en el que van ser estudiats; 3) El marc teòric que proposa li permet interpretar perquè alguns alumnes es mostren més receptius a l'aprenentatge quan es fan servir mètodes de l'EBC.

També cal destacar dues recerques recents del mateix grup d'investigadors de la Universitat de Utrecht que van dur a terme dos estudis comparatius de metodologies EBC i metodologies tradicionals. A continuació es resumeixen:

- A la recerca de Overman et al. (2014) es van investigar les percepcions dels estudiants pel que fa a l'ensenyament tradicional i l'ensenyament basat en contextos. Per tal de caracteritzar la visió dels estudiants es van identificar tres perspectives rellevants: la del contingut, la de les activitats d'aprenentatge i la interpersonal; i es va dissenyar i validar un qüestionari

a partir d'altres trobats a la literatura. La mostra va estar formada per 480 alumnes de 15-17 anys de 24 instituts de secundària a Holanda de l'itinerari de perfil professionalitzador, ja que a Holanda als 12 anys es separa els alumnes en tres itineraris de diferent dificultat i progressió cap a estudis superiors. Pel que fa als resultats, per una banda l'alumnat percep una disminució de l'èmfasi en la química fonamental i de l'ensenyament centrat en el professor, tanmateix, també perceben un menor domini interpersonal de l'aula i filiació cap al grup (en aquesta recerca el terme "affiliation" es refereix a la connexió afectiva del professor amb el grup). Els autors reconeixen que no esperaven aquest resultat que no afavoreix un millor aprenentatge segons les recerques revisades però atribueixen aquest fet a la situació de canvi i adaptació tant de professors com alumnes a una nova metodologia (amb només dos anys d'implementació) ja que tant uns com altres tenen experiències d'ensenyament tradicional en el passat.

- A la recerca de Overman et al. (2012) es van investigar les qüestions de llibres de text tradicionals i contextualitzats des de dues perspectives: la del contingut i la de les activitats d'aprenentatge. Es va dissenyar un instrument de recollida de dades per a cada perspectiva que diferenciava entre activitats cognitives (sis subcategories) i metacognitives (quatre subcategories). Es van analitzar 971 activitats de 4 llibres de text, dos d'ells contextualitzats (els capítols seleccionats van ser un sobre un viatge sostenible i l'altre sobre química verda) i dos tradicionals (el capítol sobre indústria química de cada llibre). La primera conclusió de l'estudi es que no es van trobar diferències molt grans en les activitats. Per exemple, en ambdós llibres de text predominaven les activitats d'aplicar el coneixement per a resoldre problemes numèrics. Quant a les activitats de pensament crític, només un dels dos projectes contextualitzats contenia qüestions d'aquesta tipologia. Per altra banda, les activitats metacognitives eren més presents en els dos projectes contextualitzats, tot i que cal dir que estaven lligades a la regulació de l'aprenentatge durant la realització d'activitats cognitives. Finalment, des de la perspectiva del contingut, els resultats mostren que els fonaments de química estan més presents en els projectes tradicionals tot i que també hi ha una quantitat significativa en els projectes contextualitzats. Els autors afirmen que les dues limitacions més importants d'aquest estudi són: l'elecció i restricció a un capítol de cada projecte i el fet que el professorat sovint adapta o modifica les activitats al seu estil o les seves necessitats, i per tant aquest estudi no proporciona informació del que passa a l'aula.

Com a síntesi d'aquest apartat, es discutiran alguns aspectes significatius:

1. Totes les revisions destaquen que queda per resoldre el problema de la transferència del coneixement científic, des d'un context a d'altres. Per

aquest motiu, aquest aspecte serà investigat en el segon objectiu de la present tesi doctoral.

2. El paper del professorat és clau, tant pel que fa a la formació (inicial o permanent) com a la formació de grups de suport i acompanyament. Tots els aspectes relacionats amb les dificultats del professorat que disseny i aplica materials contextualitzats no han estat objecte d'estudi en aquesta tesi, malgrat la seva importància.
3. La comparació de metodologies tradicionals i contextualitzades és complexa i difícil d'abordar, per tant, la pregunta clau "Amb els projectes en context s'aprèn més que amb els projectes tradicionals?" no té una resposta fàcil, tot i que en aquesta tesi intentarem aproximar-nos-hi. Els problemes esmentats són, per una banda l'adaptació que fa el professor a l'aula dels materials didàctics disponibles, per exemple, seleccionant les activitats o continguts més importants. Per un altra banda, el factor "novetat" o "canvi" que suposa per a l'alumnat i el professorat el fet d'emprar un enfocament novell, que pot implicar motivació per ser diferent al que és habitual però també desconcert per no estar acostumats a aquesta nova manera d'aprendre.

2.3 La modelització en l'ensenyament de les ciències

Si es vol que l'alumnat sigui capaç d'aplicar els sabers apresos en situacions diferents de les treballades a l'aula, sembla adient que hi hagi un procés d'abstracció i descontextualització del que es treballa (Sanmartí et al., 2011). Aquestes entitats abstractes que l'alumnat ha d'interioritzar reben diferents noms segons els autors: mapes mentals, conceptes, estructures cognitives (Gilbert et al., 2011) o bases d'orientació (Nunziati, 1990). En aquesta tesi els anomenarem models i en aquest capítol es concretarà quin significat es dona a aquest constructe didàctic. En aquest sentit, el procés de modelització implica inevitablement que l'alumne passi d'una situació simple i concreta que vol entendre (el context) a quelcom més abstracte i complex, el model científic, que d'entrada desconeix però que li ha de servir per aplicar el seu coneixement a noves situacions concretes i rellevants.

En aquesta línia, Van Oers (1998) argumenta que el context és un dels conceptes més rellevants del món educatiu modern però encara no està prou concretat el seu significat i ell proposa que es parli de contextualitzar en el sentit de crear situacions d'aprenentatge a partir de les quals construir coneixement abstracte. En un altre estudi més recent (Van Oers, 2004), subratlla la importància de passar per l'abstracció per a transferir el coneixement. Des de la didàctica de les ciències, aquest procés d'abstracció podria considerar-se equivalent al que molts autors

anomenen modelització. Per aquest motiu, es revisarà la hipòtesi de l'abstracció com un procés de construcció de coneixement recontextualitzable o transferible.

2.3.1. Models, modelització i activitat científica escolar

El terme model és molt popular en la recerca educativa i molts autors han proposat la seva definició. Un dels referents a nivell internacional (Gilbert, 2004), diu que es tracta de "qualsevol representació estructurada que inclou elements simbòlics de les característiques principals d'una idea, objecte, procés o sistema". Segons Solsona et al. (2000) anomenem "models" a les "representacions mentals complexes que agrupen conceptes, experiències, llenguatge i emocions, que s'utilitzen per explicar fenòmens diversos i fer prediccions". Aquestes visions tan holístiques del concepte de model tenen en comú que permeten interrelacionar tres dimensions de la cognició: el pensament, el llenguatge i les accions.

Malgrat aquests intents de concreció de la idea de model, molts autors afirmen que segueix havent una gran polisèmia entorn al concepte i les seves diferents tipologies. Harrison & Treagust (2000) van proposar una classificació conceptual dels models en deu categories: models d'escala, models pedagògics i analògics, models icònics i simbòlics, models matemàtics, models teòrics, models basats en mapes, diagrames o taules, models concepte-procés, models simuladors, models mentals i models sintètics. En aquesta tesi prendrem el concepte de model teòric dels autors, per a connectar-lo amb l'EBC, i es tracta de "una construcció humana que descriu entitats fonamentades en teories científiques", per exemple, el model cinètic-corpúscular que permet explicar relacions entre pressió, temperatura i volum d'un gas.

Més enllà del concepte de model, tindriem la idea de modelització. Les recerques sobre que entén el professorat per modelitzar (Justi & Gilbert, 2002), han aportat resultats rellevants sobre quines estratègies emprar per a promoure l'ús de la construcció de models a les aules. En la mateixa línia de formar al professorat pel que fa a com modelitzar, Seok & Jin (2011) van realitzar un resum mol útil sobre allò que ha de saber el professorat sobre modelització i van identificar cinc aspectes:

- Significat: Els models són representacions d'un sistema que actuen com a ponts entre la teoria i els fenòmens.
- Propòsit: Serveixen per a descriure, explicar i predir fenòmens naturals, així com per comunicar idees científiques a d'altres persones.
- Multiplicitat: Es poden fer servir models diferents per a estudiar un mateix sistema i cadascun d'ells es centra en un aspecte del sistema ja que la validesa dels models es limita a un objectiu concret.

- Modificació: Els models són sotmesos a proves empíriques i conceptuals que poden traduir-se en canvis del model, essent aquesta la part essencial de la evolució del coneixement científic al llarg de la història.
- Ús: Les activitats de modelització que es realitzen a les classes de ciències han d'incloure: explorar, expressar, construir, aplicar i revisar models.

Una altra revisió sobre models en didàctica de les ciències és la de Chamizo (2010) que defineix model d'una manera interessant per a l'EBC i que es prendrà com a definició de referència per a la tesi:

"Els models són representacions, normalment basades en analogies, que es construeixen contextualitzant una part del món real amb un objectiu específic."

Segons l'autor, només hi ha dos tipus de models: mentals i materials. Els models mentals són representacions construïdes a la nostre ment amb l'objectiu d'explicar o predir el que passa en una situació. Per altra banda, els models materials són aquells als que tenim accés empíric i són construïts per a comunicar-nos amb altres individus, és a dir, són els models mentals expressats i poden ser:

- Simbòlics: corresponen als llenguatges de la ciència, com les matemàtiques, els símbols químics o les lleis científiques.
- Experimentals: són dispositius o aparells per a dur a terme experiments que simulen algun aspecte del món, per exemple, una rata de laboratori.
- Icònics: corresponen a imatges, diagrames, models a escala com per exemple els models moleculars de plàstic o la doble hèlix de Watson i Crick.

Una altra utilitat dels models ens la dona la visió semàntica de la modelització científica que proposa Adúriz-Bravo (2012) des de la filosofia de la ciència. L'autor proposa quatre maneres d'entendre la modelització en didàctica de les ciències des d'un punt de vista epistemològic:

- La modelització com la construcció o creació de models científics originals i nous respecte al coneixement establert en un moment històric concret.
- La modelització com un procés de separació dels fets científics que s'estan investigant i fer servir els models disponibles per a explicar cadascun d'ells.
- La modelització com l'ajust de models establerts després de que es trobin fets nous, sorprenents o anòmals durant una recerca.
- La modelització com l'exercici intel·lectual d'aplicar els models existents per a explicar fets en un determinat entorn d'aprenentatge.

Des d'aquesta òptica, la modelització s'ha de veure com una pràctica científica que no només serveix per a construir coneixement de ciència (és a dir, models teòrics)

sinó també coneixement sobre la ciència (el model dels models) per a acabar entenent la pròpia naturalesa de la ciència, és a dir, com la ciència "sap el que sap" (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2009). En aquesta línia, les últimes proves PISA centrades en l'àrea de ciències destaquen que l'objectiu de l'alfabetització científica no és que tothom aprengui a dissenyar investigacions científiques però sí que qualsevol ciutadà sigui capaç d'entendre-les i criticar-les.

En conseqüència, indagació i modelització són processos inseparables ja que mitjançant treballs experimentals d'indagació s'han de construir i posar a prova els models per a trobar evidències de la seva idoneïtat i de les seves limitacions (Caamaño, 2011). Aquest fet contrasta amb dues línies de recerca que han estat separades: la indagació experimental (centrat en el treball científic i la naturalesa de la ciència, el que el professorat anomenaria "pràctica") i el canvi conceptual per modelització (centrat en les idees de l'alumnat i com aquestes es modifiquen per apropar-se a les idees clau de la ciència, el que el professorat sovint anomena "teoria"). Des de fa temps s'ha argumentat la necessitat de fusionar aquests dos enfocaments didàctics, per exemple la metodologia anomenada "indagació centrada en la modelització" (en anglès, Model-based inquiry, Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008) que proposa un treball experimental de tipus indagatiu que requereixi resoldre problemes o respondre preguntes de manera que es vagin construint models. Un exemple concret de treball en aquesta línia es el realitzat per Hernández, Couso, & Pintó (2014) en el que es construeix un model teòric per a explicar les propietats acústiques dels materials a partir d'experiments indagatius. Un altre exemple és el nou currículum americà quan parla de "Scientific Practices" per a referir-se a la construcció d'idees científiques amb experimentació basada en la indagació i la modelització, aspecte que es discutirà amb més profunditat a l'apartat següent.

Un altre exemple de modelització centrada en la indagació és l'Activitat científica escolar (Mercè Izquierdo et al., 1999), que fa referència a un ensenyament de les ciències basat en una pràctica d'iniciació que introdueix el fet científic i doni sentit als instruments i al llenguatge que s'emprarà. Parteix d'una situació que connecta amb els coneixements previs de l'alumnat i fa emergir preguntes que siguin una oportunitat per a que els models mentals dels alumnes evolucionin cap als models teòrics de la ciència (Izquierdo-Aymerich, 2012). Un dels objectius d'aquesta tesi és integrar aquesta visió de la ciència escolar dintre de l'enfocament EBC, tal i com ja recomanen els mateixos autors (Mercè Izquierdo et al., 2007; Mercè Izquierdo, 2004). Per tant, l'activitat científica escolar ha de promoure que l'alumnat pensi, comuniqui i faci ciència (Espinete et al., 2012; Gómez et al., 2007) però si a més hi afegim el context, l'objectiu és resoldre un problema específic o respondre preguntes rellevants del context de manera que el fet científic doni sentit a tot el procés. Tal i com argumenta Couso (2013), el context connecta amb els coneixements previs de l'alumnat i facilita que emergeixin preguntes que seran una oportunitat perquè els esquemes mentals dels alumnes evolucionin cap als

models teòrics de la ciència actual, a partir de l'ús de les idees en situacions significatives però també a partir de l'avaluació i revisió de la seva coherència per tal d'estructurar els models teòrics en espirals de complexitat creixent.

Malgrat la necessitat d'una connexió entre la contextualització i la modelització (Mercè Izquierdo, 2004), no existeixen molts estudis que hagin investigat la construcció de models a partir de l'EBC. A més, els pocs que s'han trobat a la literatura (Prins et al., 2008, 2011) es basen en l'ús de pràctiques autèntiques com la potabilització de l'aigua que consisteixen en aprendre només aquells continguts que apareixen en aquesta situació i no aborden la construcció d les grans idees de la ciència. A partir de la revisió de projectes EBC de l'apartat anterior, hem identificat la idea de model teòric integrada en la contextualització en el projecte alemany de "Chemie im Kontext", tot i que els autors ho anomenen "concepte bàsic". Tanmateix, pel que fa al potencial del context en els processos de modelització, estem d'acord amb Prins et al. (2008) quan diuen que cal tenir en compte la percepció de l'alumnat al modelitzar, ja que és important que l'alumnat valori la importància de construir models i que hagi alguna necessitat, motivació o rellevància en la seqüència d'activitats per modelitzar, i aquest és l'aspecte que pot aportar l'EBC.

Com a síntesi d'aquest apartat, destaquem el que apunten Gilbert et al. (2011) quan argumenten que l'objectiu de l'EBC ha de ser la de capacitar l'alumnat per a construir mapes mentals coherents que relacionin les idees científiques que es van aprenent ja que la prioritat és que s'aprenguin coneixements que van més enllà dels puntuals per respondre el problema del context seleccionat. Des de l'activitat científica escolar té sentit que aquests mapes mentals siguin les idees clau interrelacionades que constitueixen els models teòrics de la ciència que són universals i aplicables a molts contextos. La visió de mapa mentals d'aquests autors no es correspon amb la de model teòric ja que l'exemple que posen inclou moltes informacions descriptives del context. Per exemple, quant al context "Els plàstics" no tindria massa sentit dedicar moltes hores a conèixer els tipus de plàstics, composició, sistemes de fabricació, etc perquè són informacions que es poden trobar a Internet, sinó que és més interessant construir el model teòric que possibilita entendre i justificar les seves propietats i canvis per a promoure'n un ús responsable. Quan aquest coneixement teòric es fruit d'un procés de modelització, es pot facilitar que pugui ser transferit i aplicat a la comprensió de les propietats d'altres materials. Aleshores el repte serà que l'alumnat sigui capaç de relacionar el context amb les idees científiques dels models teòrics clau de la ciència (canvi químic, ésser viu, tectònica de plaques, mecànica de Newton, etc) però alhora adonar-se que aquestes idees van més enllà la de la situació concreta en que s'han après, fet que planteja molts reptes pel que fa a la gestió de les preguntes que sorgeixen a l'aula i la seqüenciació de les activitats.

2.3.2. La selecció de les idees clau de la química

A l'apartat anterior s'ha destacat que l'alfabetització científica implica que tot l'alumnat pugui aprendre les grans idees de la ciència. Dues de les grans idees de la química que han estat molt investigades són el model canvi químic i el model de partícules (o de la visió discontinua de la matèria). A continuació es discutiran alguns resultats de recerques sobre l'ensenyament i aprenentatge d'aquests dos models teòrics.

Pel que fa a la modelització del canvi químic destaquem la recerca feta per Merino & Izquierdo (2011), segons la qual el model teòric de canvi químic esdevé l'eix principal de tots els continguts de química d'un curs de didàctica de la química per a mestres en formació inicial, a partir d'una selecció representativa d'experiments paradigmàtics sobre canvi químic. Algunes de les conclusions més rellevants del seu estudi són:

- La proposta va permetre distingir entre model, fet paradigmàtic i representació a partir de la comparació de fenòmens semblants però diferents (combustió versus carbonització) i l'ús de maquetes.
- Les connexions entre llenguatge, representació i experiments han servit per a conceptualitzar les idees clau sobre el canvi químic, tot i que no tots els alumnes van realitzar les mateixes transicions entre els tres aspectes.

Cal reconèixer la potencialitat del model canvi químic per aglutinar les idees principals de la química des de la història i la filosofia de la ciència, però malgrat això la química també ha de ser capaç de justificar les propietats dels materials per a seleccionar el més adequat per una determinada funció, sense tenir en compte la seva síntesi. En aquest sentit ens referim a la definició de química com la ciència d'estudi de la matèria en un sentit més ampli, no només de les seves transformacions sinó també de les seves estructura interna, composició i propietats.

Les investigacions realitzades a l'educació primària (Acher, Arca, & Sanmarti, 2007; Merino & Sanmarti, 2008) són un exemple de la necessitat i viabilitat de promoure la construcció d'idees precursors de ciències a l'etapa d'educació primària. Ambdues recerques tracten de la construcció d'un precursor de la visió discontinua de la matèria, el model de parts, que es basa en imaginar la matèria com formada per "parts" amb unions més o menys fortes però que mantenen les propietats de la substància. Per exemple, imaginar l'aigua formada per petitíssimes gotetes d'aigua unides entre sí. Aquest procés de modelització s'ha aplicat a l'explicació d'algunes propietats dels materials i a la interpretació d'un canvi químic, la combustió del magnesi. Els resultats obtinguts suggereixen que és possible i convenient ensenyar a modelitzar ja a edats primerenques a través de l'ús de dibuixos i estimulants la imaginació per a comprendre fenòmens de l'entorn quotidià. Sovint el professorat de ciències només distingeix entre idees científiques

correctes o incorrectes i per aquest motiu els mestres de primària es resisteixen a introduir determinats conceptes en aquesta etapa educativa. Aquestes recerques ens indiquen que és recomanable treballar amb l'alumnat de primària algunes idees científiques que malgrat ser parcialment incorrectes poden servir de bastida (models científics precursors) per a la posterior ampliació del concepte a l'etapa secundària. A més, quan es fa servir una metodologia modelitzadora també s'aconsegueix que l'alumnat més petit aprengui a pensar de manera científica, és a dir, a connectar els fets amb les possibles explicacions a partir dels seus models mentals ja que és habitual realitzar els experiments només per descriure allò que passa i com a màxim per establir relacions causa-efecte sense cap justificació teòrica.

Els dos models teòrics de la química comentats anteriorment (el de partícules i el del canvi químic) ens porten a un aspecte controvertit però molt necessari: Com seleccionem les idees clau dels models en cada etapa educativa? Molts investigadors han justificat propostes sobre quines són les idees clau de la química a l'educació bàsica, a continuació en resumim algunes tant des de l'àmbit internacional com des del currículum de Catalunya.

Les grans idees de l'educació científica (Harlen, 2010). En aquesta proposta de la Associació d'Educació Científica dels Estats Units s'ha fet una selecció de deu principis didàctics i catorze idees clau científiques (10 de ciència i 4 sobre la naturalesa de la ciència) per a concretar el que implica estar científicament alfabetitzat. Pel que fa a la química, la única idea clau que proposen és "Tot material de l'univers està format per partícules molt petites". En el document proposen una progressió desenvolupada dels diferents aspectes d'aquesta idea clau que haurien d'anar-se consolidant. En aquesta descripció apareix la idea clau del canvi químic de que les substàncies es transformen.

Pensament químic (Sevian & Talanquer, 2014). Aquesta proposta recull 6 conceptes transversals de química a partir de preguntes: 1) identitat química; Com identifiquem les substàncies químiques?; 2) relació estructura-propietats; Com es poden predir les propietats de les substàncies?; 3) Causalitat química; Per què tenen lloc processos químics?; 4) Mecanisme química, Com tenen lloc els processos químics; 5) Control químic; Com podem controlar els processos químics?; 6) Relació benefici-cost-risc; Com avaluem l'impacte dels processos químics? En aquesta selecció d'idees clau trobem tres relacionades amb el model teòric canvi químic (3, 4, 5), una relacionada amb el model de partícules (2), una altra relacionada amb què caracteritza una substància pura (1) i finalment una més relacionada amb les implicacions de la química en d'altres àrees de coneixement (6).

Document d'orientacions per al desplegament del currículum de ciències naturals a l'educació secundària obligatòria (Generalitat de Catalunya, 2009). En aquest document es recullen els aspectes essencials d'una proposta curricular basada en

les competències bàsiques i es distingeixen tres tipus de continguts: 1) Sabers relacionats amb el context objecte d'estudi; 2) Sabers relacionats amb els models teòrics propis de cada disciplina; 3) Sabers supradisciplinars, per tant, que són comuns a totes les disciplines científiques, i que poden ser conceptes metadisciplinars i idees sobre naturalesa de la ciència. Pel que fa al segon tipus de continguts per al cas de la química es proposa l'estudi dels sistemes materials (les seves estructura, propietats, canvis i bescanvis matèria-energia) a partir de l'aprenentatge de tres models teòrics: model substància, model canvi químic i model de partícules. Els dos últims models ja han estat àmpliament discutits i pel que fa al model substància es refereix a la caracterització de les substàncies pures des d'un punt de vista macroscòpic, és a dir, l'estudi de les seves propietats generals (massa, volum) i característiques (densitat, color, temperatura de fusió, etc), els mètodes d'identificació de substàncies, les possibilitats de separació de mesclades i els criteris de classificació dels materials. Comparant amb les propostes anteriors, el model substància està molt relacionat amb la idea clau transversal de Sevia & Talanquer (2014) sobre identitat química. En el document també s'inclou una proposta de progressió de primer a quart d'ESO de les idees clau de cada model.

El Document sobre competències bàsiques de l'àmbit científicotecnològic (Caamaño, Izquierdo, & Sarramona, 2014). Aquesta proposta de desplegament curricular identifica 14 competències clau agrupades en 4 dimensions: 1) indagació de fenòmens naturals i de la vida quotidiana (inclou competències clarament disciplinars i d'altres sobre naturalesa de la ciència); 2) objectes i sistemes tecnològics de la vida quotidiana; 3) medi ambient; 4) salut. Cada competència es descriu detalladament, es proposa una gradació del seu assoliment, es destaquen els continguts clau per assolir-la i es presenten orientacions metodològiques i d'avaluació i exemples d'activitats d'aula. Per al cas de la química, la competència més destacada seria "Identificar i caracteritzar els sistemes físics i químics des de la perspectiva dels models, per comunicar i predir el comportament dels fenòmens naturals", tot i que la química està present de manera més implícita en d'altres competències. El document també presenta una relació entre els continguts clau de les competències i els continguts del currículum oficial de Catalunya, i quant a la química, apareix el model cinèticomolecular de la matèria, el model canvi químic i el model d'estructura i enllaç de les substàncies. En aquesta proposta no apareix el model substància o d'identitat química comentat anteriorment per introduir la química a 1r d'ESO d'una manera més macroscòpica i per altra banda, el model d'estructura i enllaç es pot considerar una versió més avançada del model de partícules en el qual es caracteritza la organització de les partícules a l'espai (àtoms lliures, estructures gegants o estructures moleculars) i els tipus d'unions entre les partícules.

El nou currículum del 2013 als Estats Units anomenat "New generation Science Standards" (<http://www.nextgenscience.org/>). El seu enfocament ha posat el

concepte d'estàndard en el panorama mundial de l'educació, per exemple, el nou currículum espanyol també fa servir aquest terme per a referir-se als objectius d'aprenentatge concretats en activitats d'ensenyament com per exemple: "analitzar dades experimentals per a decidir quin és el millor material per a una funció determinada". A més, el nou currículum nord-americà afegeix "comentaris d'aclariment" amb informació addicional per a concretar com portar a l'aula l'estàndard però també "límits d'avaluació", és a dir, allò que no s'ha de treballar en aquella etapa sinó que s'hauria de deixar per a cursos posteriors. La nova organització d'aquest currículum aborda el problema de tractar per separat les teories de la ciència i la naturalesa de la ciència, per aquest motiu han inclòs el terme "pràctica científica" per englobar els dos enfocaments. La idea de pràctica científica és força equivalent al concepte d'Activitat Científica Escolar discutit en aquest apartat i la idea "modelització per indagació". A més de les pràctiques científiques, el currículum explicita en forma de frases les "idees clau disciplinars" i els "conceptes transversals". La gran mancança d'aquest projecte de currículum es que no apareix la idea de context, és a dir, no es menciona cap orientació sobre com seleccionar les situacions d'aprenentatge ni fa referències a contextos del món real de rellevància social o a qüestions sociocientífiques.

Com a síntesi d'aquest apartat destaquem l'elevat grau de confluència entre projectes de països diferents pel que fa la importància de seleccionar les idees clau de la "ciència per a tothom". Per exemple, és interessant veure com la idea d'activitat científica escolar de la didàctica a Espanya coincideix amb el de pràctica científica del nou currículum dels Estats Units, pel que fa a la interrelació de l'experimentació, el pensament abstracte i el llenguatge científic en una mateixa activitat, és a dir, sense separar la construcció de teoria de les pràctiques de laboratori. Altres autors defensen enfocament similars però amb altres noms, per exemple, segons Talanquer (2011b) serien experiències, models i visualitzacions. Potser una divergència important entre els projectes és el fet de destacar o no l'ús de les situacions en els que es promou l'exercici de la competència, és a dir, els contextos. Tot i la revisió que s'ha fet, segueix quedant pendent decidir quan s'han d'introduir els conceptes més avançats, per exemple, el concepte de mol s'ha d'incloure en l'etapa d'educació científica obligatòria? Un possible criteri que justificarem al llarg de la tesi serà que identificar els contextos més rellevants per a l'alumnat sobre els quals ha de prendre decisions per actuar, pot permetre decidir quins són els conceptes de la química per a tothom.

2.3.3. La progressió i seqüenciació de les idees

Tal i com s'ha vist en les discussions anteriors, no només és important seleccionar les idees clau sinó també algunes hipòtesis sobre la seva progressió. Cada idea té la seva pròpia demanda d'aprenentatge (Leach & Scott, 2002), algunes estan més allunyades del coneixement quotidià, són més complexes i necessiten haver

assolit les més senzilles. En conseqüència, el disseny d'unitats didàctiques ha de tenir en compte les possibles progressions d'aprenentatge, i per aquest motiu aquesta línia d'investigació recent està essent molt fructífera en els últims anys, sobretot als Estats Units (Ngai, Sevian, & Talanquer, 2014; Sevian & Talanquer, 2014; Talanquer, 2009) on han contribuït enormement a la concreció del seu nou currículum dels "standards". Una definició força consensuada del constructe "progressió d'aprenentatge" és la proposada per Duschl, Maeng, & Sezen (2011):

"Són descripcions de les maneres de pensar sobre un tema que són successivament més sofisticades i poden anar una darrera de l'altra quan l'alumnat aprèn sobre un tema durant un cert període de temps."

En aquesta revisió s'han recollit aportacions de nombroses recerques i es mostra la pluralitat d'interpretacions del constructe. Tanmateix, en aquest apartat destacarem les que fan referència a l'evolució de les idees dels alumnes des del coneixement previ (fins i tot concepcions alternatives) fins a les idees clau de la ciència amb els seus estadis intermedis (Martín & Solsona, 2004; Prieto, Brero, & Blanco, 2002).

Pel que fa a compartir les progressions d'aprenentatge amb el professorat, potser una bona opció és explicitar les idees clau en forma de frases, agrupar-les segons el model teòric al que pertanyen i presentar-les en un ordre creixent de complexitat. Un exemple d'aquesta tasca són els mapes conceptuals del currículum d' Austràlia que són una adaptació del Atlas d'alfabetització científica que va a editar l'Associació Americana per fer Avançar la Ciència (en anglès, AAAS) i que forma part del projecte 2061 (American Association for the Advancement of Science, 1989). Aquests mapes representen possibles camins de desenvolupament de l'aprenentatge científic dels estudiants que mostren les relacions entre els conceptes i la seva complexitat creixent. Tanmateix, a la seva web avisen de que es tracta només d'una història possible i animen a que cada docent els modifiqui per adaptar-se als seus estudiants. El currículum australià es va basar en aquest projecte per a desenvolupar els seus propis mapes de progrés de les idees clau de les grans idees de ciència.

A la Figura 3, mostrem un tros del mapa per al model teòric canvi químic del currículum australià i a la web següent es poden trobar tots els mapes de desenvolupament de conceptes disponibles:

<http://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/Pages/conceptmaps.aspx>

Cal destacar de la figura els enllaços a altres grans idees que s'indiquen a sota del text d'algunes idees clau, fet que indica la necessitat d'interrelació entre els models teòrics de les disciplines científiques.

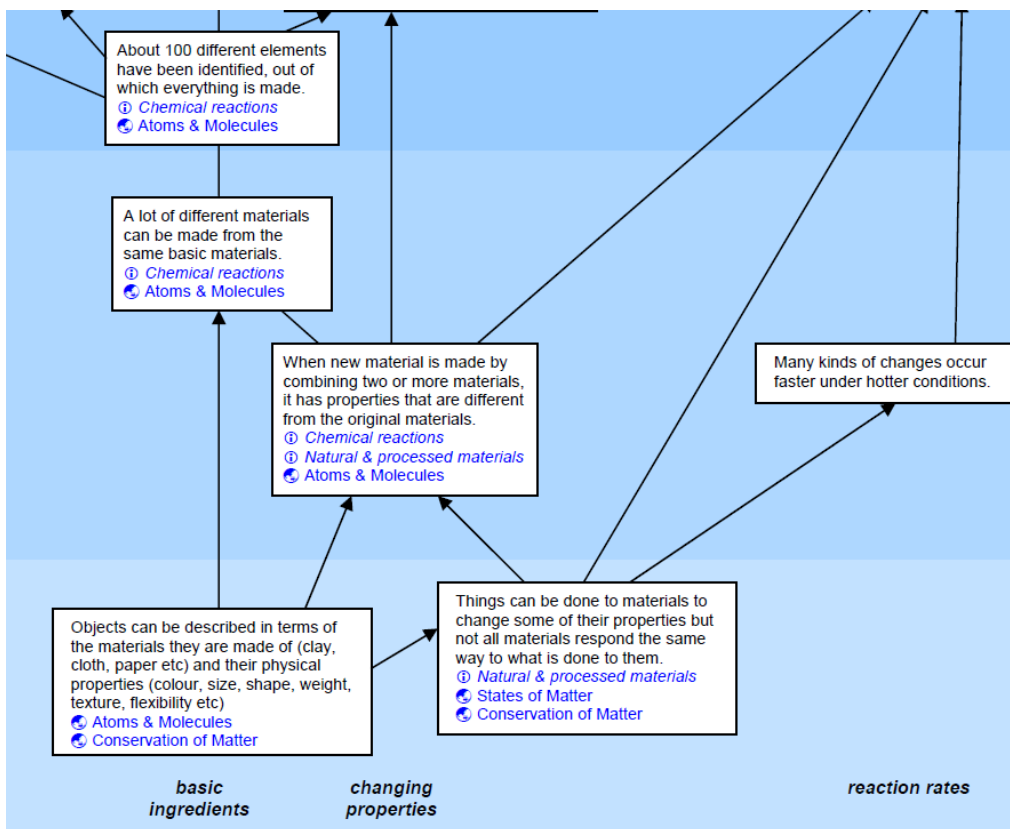


Figura 3. Fragment del mapa de progressió d'idees clau per a la gran idea "reacció química". Font: Departament d'educació de l'estat de Victòria, Austràlia.

Pel que fa als conceptes de química, la seva proposta estructura els conceptes en quatre mapes: àtoms i molècules, conservació de la matèria, estats de la matèria i reaccions químiques. A la part baixa del mapa apareixen idees de l'educació primària i a la part alta hi hauria les idees clau que hauria d'assolir un alumne de 15-16 anys en acabar l'educació obligatòria. Per exemple, del mapa de reaccions químiques a la part baixa tenim "Els objectes poden ser descrits en termes dels materials que els formen i de les seves propietats" i a la part alta arribaríem a "una enorme varietat de fenòmens es poden explicar a partir dels canvis en la distribució i el moviment dels àtoms i les molècules".

En tots aquests mapes de progressió l'aspecte que queda pendent de detallar és el context, és a dir, de quina manera s'han de fer servir els contextos per a fer progressar les idees dels alumnes, ja que l'ús que estan fent alguns dels projectes revisats a l'apartat anterior no sembla que hagi de promoure la progressió de les idees dels alumnes ja que en molts d'aquestes projectes es procura que el contingut teòric sigui invisible per a no desmotivar l'alumnat cap a la branca científica (Talanquer, 2013). També estem d'acord amb Sevan & Talanquer (2014)

quan destaquen que els projectes EBC han de tenir presents els conceptes clau de química i procurar que no quedin enterrats pels contextos o que aquests es treballin de manera aïllada sense explicitar les connexions entre les idees clau, per tant, aposten per una EBC que integri els conceptes clau que permeten que l'aprenentatge de l'alumnat segueixi progressant en les etapes postobligatòries però que al mateix temps serveix de base per a ser un ciutadà científicament alfabetitzat.

Com a síntesi d'aquest apartat, cal tenir en compte que quan es dissenyen unitats didàctiques contextualitzades ens trobem amb un problema de selecció del fil conductor. Posant com a exemple el tema de l'enllaç químic, sembla difícil que es tractin tots els tipus d'enllaç en un únic context socialment rellevant. Aleshores, quan es seqüència les activitats d'ensenyament-aprenentatge ens trobem davant d'algunes opcions:

1. Que el fil conductor sigui respondre el problema del context i realitzar activitats d'aplicació per anar introduint només els conceptes que són estrictament necessaris i que poden ser de models teòrics i disciplines diferents.
2. Que el fil conductor sigui la construcció d'un model teòric determinat amb totes les seves idees clau i anar buscant contextos diferents i potser desconnectats per a treballar cadascuna d'aquestes idees clau.
3. Que el fil conductor sigui una temàtica global que aporti la rellevància social i anar introduint subcontextos relacionats amb la temàtica de manera que cadascun d'ells permeti introduir alguna idea clau. Al final de la temàtica, s'hauran introduït totes les idees clau que configuren un model teòric important de la ciència, adequat a l'estadi de progressió de l'etapa educativa.

2.4 Transferència del coneixement

El temps disponible per ensenyar és limitat i, per tant, és impossible abordar tots els contextos coneguts a l'actualitat i encara més difícil tractar de predir els contextos del futur. Per aquest motiu, és molt convenient promoure l'habilitat d'aplicar allò que s'ha après en un determinat context a nous contextos, aquesta habilitat en psicologia es coneix amb el nom de transferència. Malgrat que des de principis del segle XX la psicologia s'ha encarregat d'investigar-la, les didàctiques específiques no li han dedicat tanta atenció. Pel que fa l'ensenyament de les ciències, la cerca a la literatura demostra que el terme transferència s'ha investigat poc, tot i que en alguns casos el concepte hi és però sense aquest nom concret. El fet que la transferència com habilitat cognitiva ha esdevingut una idea potent i útil per a l'ensenyament de les ciències va quedar palès en el fet de que se li dedicués

un article l'habilitat de transferir i la seva avaluació (Sasson & Dori, 2012) en el "Second International Handbook of science education". Tal i com s'acaba de definir transferència, sembla evident que la idea de context està molt relacionada amb la de transferència, però malgrat aquesta relació no hem trobat moltes recerques que abordin les dues idees de manera conjunta. En realitat, la idea de transferència va molt lligada a la de competència, segons DisSessa & Wagner (2005), el concepte de competència és un nom nou per a un problema molt antic en psicologia.

2.4.1. Revisió de recerques des de la psicologia

Les primeres recerques sobre transferència des de la ciència cognitiva van ser decebedores ja que afirmaven que no es podia produir transferència des d'aprenentatges generals cap a tasques específiques, segons els treballs de Thorndike & Woodworth (1901). Afortunadament per a l'autoestima de l'espècie humana, amb els anys van anar apareixent evidències de que si és possible transferir però totes les recerques destaquen que els aprenents (tant menors d'edat com adults) presenten enormes dificultats per a transferir quan les situacions no són idèntiques (Hendrickson & Schroeder, 1941). Per aquest motiu, Thorndike (1932) va formular la "lleï dels elements idèntics" segons la qual la transferència està influenciada per: 1) la similitud entre les dues situacions; 2) l'actitud de l'aprenent, més o menys actiu i més o menys conscient; 3) la disponibilitat dels aprenentatges conceptuals i estratègics que permeten reconèixer els elements idèntics entre dues situacions per activar el coneixement apropiat i aplicar-lo a la nova situació.

En aquest apartat farem una revisió del concepte de transferència des de les ciències cognitives i abordarem diversos aspectes: 1) com es defineix; 2) com es classifica i caracteritza, és a dir, quins tipus de transferències poden haver; 3) com ha evolucionat històricament el coneixement sobre la transferència; i 4) quines implicacions educatives hi estan relacionades.

Pel que fa a la definició de transferència, hem recollit quatre possibilitats fortament relacionades entre sí:

- Segons Salomon & Globerson (1987) , és "l'habilitat d'activar coneixements i habilitats i aplicar-les en noves situacions d'aprenentatge".
- Segons Byrnes (1996) és "l'habilitat d'aplicar allò après en un determinat context a nous contextos".
- Segons De Corte (2003) , és "l'ús ampli, productiu i assistit de coneixements adquirits, habilitats i motivacions en nous contextos i activitats d'aprenentatge".
- Segons Marton (2006) , és "quan l'aprenent després d'haver après alguna cosa en una situació és capaç d'aprendre a fer quelcom diferent en altres contextos, sent conscient de les diferències i similituds".

Totes les definicions són semblants però amb matisos i és molt interessant per aquesta recerca de tesi destacar que moltes definicions de transferència inclouen la idea de context (també a través de la paraula "situació"). Malgrat això, cal esmentar que en aquestes recerques la paraula context s'entén d'una manera més àmplia com l'entorn físic, social i cultural en el que té lloc l'activitat. Aquest confluència entre transferència i context reforça la rellevància dels objectius de recerca plantejats en el primer capítol.

Pel que fa a les diferents tipologies i classificacions de transferències, encara no hi ha un acord entre els investigadors sobre la naturalesa de la transferència i com té lloc (Lobato, 2003), per aquest motiu moltes de les classificacions es solapen entre sí o estan fortament relacionades.

- Transferència positiva i negativa (Perkins & Salomon, 1996); quan els aprenents pensen que el coneixement només és aplicable en situacions idèntiques a la d'aprenentatge, la transferència es veu dificultada, això es coneix com transferència negativa. I al contrari per a la transferència positiva, és a dir, es refereix a quan el coneixement s'ha adquirit de manera que es facilita la capacitat d'aplicar-lo més enllà de la situació d'aprenentatge. Dit d'un altra manera, cal tenir en compte que el context pot ser un obstacle per a la transferència.
- Transferència intracontextual i intercontextual (Haskell, 2001); la primera fa referència a aplicar el que s'ha après en el mateix context o en un context molt similar, en canvi, la transferència intercontextual implica transferir a contextos diferents fins al punt d'anar més enllà de l'establiment d'analogies i crear nous conceptes (aquest cas s'anomena transferència creativa). En aquest cas caldria concretar què és un context i com es delimita per a diferenciar-lo d'altres contextos.
- Transferència lateral i vertical (Gagné & Driscoll, 1975); la lateral es produeix quan el coneixement de les dues tasques (aprenentatge i transferència) és de la mateixa naturalesa i nivell de dificultat, en canvi, la vertical té lloc quan la naturalesa i la dificultat del coneixement necessari per a la transferència són diferents a les tasques d'aprenentatge.
- Transferència propera i llunyana (Klausmeier, 1961); és una manera diferent d'anomenar les dues del cas anterior però que s'ha estès entre la comunitat d'investigadors. La transferència llunyana (que es relaciona amb la vertical) es realitza amb menor freqüència que la propera (que es relaciona amb la lateral). Està molt relacionada amb la dificultat per a dur a terme la transferència i sovint només es pot reconèixer a posteriori.
- Transferència horitzontal i vertical (Rebello, Cui, & Bennett, 2007); també és una manera equivalent de diferenciar les dues categories anteriors però les caracteritza a partir d'identificar les associacions que fa l'aprenent de les dues situacions. El primer tipus d'associació és relacionar la informació descrita a la tasca amb algun coneixement previ de l'estudiant. La segona

classe d'associació consisteix en buscar a la seva memòria algun coneixement aplicable a la tasca però sense que cap element de l'enunciat doni la informació de manera explícita. A partir d'aquest marc teòric, el primer tipus d'associació és la transferència horitzontal (que seria semblant a la propera i lateral) i el segon tipus d'associació és la vertical (que seria semblant a la llunyana).

- Transferència de curt i llarg recorregut (Perkins & Salomon, 1996); anomenen transferència de curt recorregut a la que té lloc quan les situacions són tan similars que no requereix un esforç conscient i deliberat sinó que es fa de manera semiautomàtica, per exemple, conduir un cotxe. Per altra banda, anomenen transferència de llarg recorregut a la que requereix un esforç conscient d'abstracció de les habilitats i coneixements que cal aplicar, per exemple, resoldre problemes nous de matemàtiques.
- Transferència remota (Chen & Klahr, 2008); és l'aplicació de conceptes i estratègies en diferents contextos després d'un període de temps llarg. Els autors destaquen que en la majoria d'investigacions sobre transferència el temps que transcorre entre la situació d'aprenentatge i la d'aplicació és molt curt i proposen que la transferència remota és un indicador d'aprenentatge més autèntic. En aquest sentit, no estem d'acord amb Sasson & Dori (2012) quan no inclouen la dimensió temps en el seu model sobre la transferència que discutirem al següent apartat.
- Transferència d'etiqueta (Gilbert et al., 2011); es refereix a la capacitat de reconèixer significats diferents per a una mateixa paraula quan s'empra en contextos molt diferents. Per exemple, la paraula sucre en un context gastronòmic es refereix a la substància blanca i dolça anomenada sacarosa, mentre que la mateixa paraula en un context de recerca en bioquímica de l'ADN es refereix a un tipus de carbohidrats amb una estructura molecular determinada (ribosa o desoxiribosa).
- Transferència no específica (Haskell, 2001); es refereix a un mecanisme intern segons el qual allò que s'ha après es connecta amb el coneixement previ de l'aprenent i queda incorporat als seus models mentals. Sembla rellevant relacionar aquest mecanisme amb dos aspectes clau de l'aprenentatge: 1) la motivació o predisposició de l'alumnat a aprendre; 2) la metacognició o capacitat de prendre consciència del propi procés d'aprenentatge.

Pel que fa a les implicacions educatives de la transferència, destacarem algunes recomanacions pràctiques trobades en la revisió de la literatura que tenen rellevància per aquesta recerca. Un dels pocs consensos que hi ha al voltant del tema de la transferència és que l'establiment d'analogies és el recurs més emprat pels aprenents quan es transfereix amb èxit (Gentner et al., 1997). Tanmateix, els estudiants habitualment no reconeixen a la seva memòria situacions anàlogues amb les que comparar per a enfrontar-se a una nova situació i alguns estudis demostren que quan se'ls proporciona un anàleg millora la transferència. A part

d'aquest primer pas en el procés de transferència, altres processos que són problemàtics i sobre els quals la ciència cognitiva encara no té cap resultat concloent són:

- Com es selecciona la informació i s'afegeix a la memòria de treball?
- Com es separa la informació rellevant de la irrellevant?
- Com es construeixen connexions entre l'anàleg i la nova situació?

A continuació citarem alguns aspectes clau que influeixen en la transferència, segons Bransford et al. (2000), i els relacionarem amb els aspectes sobre EBC discutits anteriorment:

- La transferència depèn enormement del domini sobre el coneixement implicat. Per tant, sense contingut científic teòric no hi pot haver transferència ni tampoc competència científica.
- La transferència es dificulta quan s'aprèn des d'un únic context i s'afavoreix quan s'aprèn des de contextos múltiples. Per tant, és convenient treballar l'aplicació dels models teòrics en diversos contextos.
- La transferència es dificulta si només es fa una descripció superficial de les característiques del context i s'afavoreix quan es promou la representació abstracta de les idees. Per tant, és convenient l'ús d'activitats de síntesi i estructuració de les idees abstractes dels models teòrics.
- La transferència s'afavoreix quan es fan servir estratègies metacognitives. El tipus d'activitats i la seva justificació es discutiran a l'apartat d'avaluació.
- La transferència s'afavoreix quan es connecten els aprenentatges amb situacions de la vida quotidiana dels estudiants. Per tant, la selecció dels contextos ha de tenir en compte la rellevància social, personal i vocacional per a l'alumnat (Stuckey et al. 2013).

Cal destacar que moltes de les recerques cognitives sobre transferència no són en situació escolar sinó que s'aïlla un grup d'individus i s'experimenta amb elles i ells. Aquesta és una crítica molt habitual des del paradigma educatiu de l'aprenentatge situat (Greeno, 1998; Lave & Wenger, 1991), segons aquesta teoria cognitiva les recerques s'han de dur a terme en l'entorn en el que tenen lloc de manera natural i en el cas de l'educació cal considerar tot el grup d'alumnes i el professor. Alguns dels investigadors que fan servir aquest marc teòric de referència argumenten que:

- En general, els aprenents només realitzen transferències senzilles en que apliquen en funció de cada nou context a través del pensament analògic i sense mobilitzar el pensament abstracte (DisSessa & Wagner, 2005). Els autors distingeixen entre la transferència de l'expert (que pot ser més llunyana i creativa) i la dels aprenents que està altament influenciada pel context i molt sovint es veu dificultada.

- Segons Lobato (2006), els alumnes no transfereixen un model sencer sinó que transfereixen aspectes parcials d'aquest, dit d'una altra manera, a l'entorn escolar només són esperables transferències properes que requereixin l'activació de poques idees abstractes. Una possible justificació d'aquest raonament és la falta d'activitats de síntesi, estructuració i jerarquització de les idees clau que configuren un determinat model teòric. És a dir, per tal de promoure transferències que requereixin mobilitzar moltes idees alhora cal haver treballat a un grau d'abstracció alt les relacions entre les idees d'un model teòric.

De cara a l'objectiu 3.2 de la tesi sobre caracterització de la transferència, sembla interessant prendre com a punt de partida les idees de Bloom (2007) que recullen moltes de les discussions anteriors i que no només defensen que la transferència és possible sinó que aquesta requereix mobilitzar un coneixement abstracte per a realitzar-la. Segons l'autor, la transferència es caracteritza per tenir tres dimensions:

1. El context. Distingeixen sis nivells en aquesta dimensió des del context més proper fins al context més desconegut. Però no es concreta com la interpretació del context és necessària per a la transferència.
2. El nivell de cognició. Distingeixen també sis nivells que van des del simple reconeixement fins a la conceptualització i transformació d'idees.
3. La substància de la transferència. Es refereixen a les habilitats o coneixements que són necessaris per a transferir i el sis nivells que identifiquen van des de patrons simples fins a comprensió intuïtiva i creativa. Sobre aquest aspecte destaquem el caràcter idiosincràtic de les habilitats i coneixements científics que requerirà un enfocament diferent al d'altres coneixements.

Al capítol 5 es reformularan aquestes dimensions a partir dels resultats de la recerca i s'adaptaran a un marc teòric més útil per a l'ensenyament de la química en particular, però de validesa per a les ciències en general.

Com a síntesi d'aquest apartat destacarem algunes idees clau sobre el concepte de transferència des de la psicologia:

- Context i transferència són dues idees molt relacionades però la seva connexió no ha estat investigada en profunditat. Caldrà analitzar amb cura quin paper jugar la informació contextual tant en la nova tasca d'aplicació com en les activitats d'aprenentatge.
- Algunes estratègies didàctiques poden dificultar la transferència (per exemple, una monocontextualització) i d'altres la poden promoure (per exemple, activitats de metacognició).
- Alguns mecanismes implicats en els processos mentals de la transferència són el pensament analògic i l'activació de coneixements abstractes. Caldrà

investigar més en detall quines activitats d'aprenentatge promouen el desenvolupament d'aquests dos processos.

2.4.2. Revisió de recerques des de la didàctica de les ciències

A continuació farem una revisió de les recerques que s'han trobat a la literatura sobre transferència del coneixement científic. Per fer-ho s'ha cercat la paraula transferència al títol dels articles de diferents bases de dades però també s'han recollit les cites dels articles trobats en una cerca manual a les revistes nacionals i internacionals més reconegudes en didàctica de les ciències. El fet que el terme transferència també es refereix a la disseminació dels resultats d'investigacions científiques cap a innovacions tecnològiques ha dificultat la identificació dels articles que parlen de transferència des del punt de vista cognitiu.

TRANSFERENCIA i MAPES MENTALS

La reflexió teòrica de Gilbert et al. (2011) és l'única que hem trobat que relacioni transferència i EBC de manera explícita. En el seu treball discuteixen com els diferents models proposats d'EBC faciliten que els alumnes construeixin mapes mentals coherents de les idees científiques d'un determinat context. Els autors argumenten sobre la importància de desenvolupar els conceptes de manera que el coneixement sigui transferible a molts contextos i que no sigui només útil per al context d'aprenentatge que és objecte d'estudi. En aquest sentit, defineixen transferència com la capacitat d'utilitzar parts d'aquests mapes mentals de manera significativa en contextos nous. També justifiquen que les activitats de transferència s'han d'ajustar a la zona de desenvolupament proper de l'alumnat i a partir de la definició de context de Duranti & Goodwin (1992) distingeixen tres tipus de transferència:

- Transferència propera: és aquella en que les accions que es duen a terme en els dos contextos (l'inicial i el d'aplicació) són similars, el coneixement involucrat és el mateix i els canvis que es requereixen en el mapa mental són petits, per exemple afegir algunes etiquetes noves. Un exemple d'aquest cas seria transferir el coneixement sobre la producció de gelats baixos en greixos a la producció de formatges baixos en greixos.
- Transferència llunyana: és aquella en que les accions que es duen a terme en els dos contextos són diferents, el coneixement associat és similar però requereix més canvis en el mapa mental tot i mantenir la seva estructura general. Un exemple seria transferir el coneixement del departament comercial d'una empresa al departament d'I+D de la mateixa empresa.
- Transferència molt llunyana: és aquella en que les accions i el coneixement dels dos contextos són clarament molt diferents i implica canvis importants en l'estructura i les etiquetes dels mapes mentals. Un

exemple seria transferir el coneixement sobre I+D en ciències de l'alimentació a la recerca sobre la bioquímica del DNA.

Tal i com suggereixen els autors, promoure el desenvolupament de mapes o models mentals coherents i transferibles és un repte amb moltes incerteses. Algunes estratègies que contribueixen favorablement són: 1) oferir oportunitats a l'alumnat de que construeixi i manipuli els seus mapes mentals, per exemple representant-los en forma de mapes conceptuals; 2) Utilitzar metodologies basades en la resolució de problemes que ajuden a que l'alumnat activi els seus mapes mentals i els revisi si cal; 3) promoure el reconeixement d'analogies entre contextos i promoure el seu ús per a transferir; 4) Fer evolucionar els mapes mentals inicials dels alumnes (sovint incomplets o amb concepcions alternatives) cap als models teòrics de la ciència. Quant a aquesta última estratègia, distingeixen entre algunes aproximacions de l'acció docent: l'aproximació epistemològica (per a posar en dubte el coneixement previ), l'aproximació ontològica (per a la organització i categorització del coneixement) i l'aproximació afectiva (per a satisfer necessitats personals i promoure l'autoestima i el recolzament).

Pel que fa al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades que promoguin la capacitat de transferir, els autors alerten de la "innovació sense canvi". Per evitar això, proposen alguns criteris a tenir en compte a l'hora de contextualitzar de manera que es promogui el desenvolupament de mapes mentals coherents amb coneixement transferible:

- Els escenaris dels contextos han de permetre que l'alumnat s'involucri i percebi el valor social, cultural i econòmic de la ciència i han de ser el més variats possibles.
- Les accions que es duen a terme a les activitats d'aprenentatge han de promoure la participació activa de l'alumnat.
- El nou llenguatge especialitzat que es va adquirint durant la contextualització ha de ser explicitat i utilitzat per l'alumnat per tal que aquest elabori els seus mapes mentals coherents amb el nou vocabulari.

TRANSFERÈNCIA i COMPETÈNCIA CIENTÍFICA

Les investigadores Sanmartí et al. (2011) fan una reflexió sobre la següent qüestió: "Per què l'alumnat té tanta dificultat per utilitzar els seus coneixements científics escolars en situacions quotidianes?", és a dir, perquè costa tant ser competent científicament. En aquest treball es defineix i justifica la transferència com una habilitat cognitiva important relacionada amb la competència científica. Per exemple, distingeixen entre transferència espontània (com la que té lloc de manera natural en el procés de maduració d'un nen) i transferència amb bastides (com la que té lloc a l'aula si es pretén que l'alumnat activi sabers i estableixi relacions per a construir explicacions coherents sobre problemes nous). Les

diferents teories sobre transferència reconeixen diferents variables que condicionen l'activació i aplicació del coneixement i alguns dels factors que es sap que promouen transferir són: 1) les activitats de síntesi i estructuració d'idees abstractes; 2) analitzar els problemes des de diferents perspectives; 3) promoure la metacognició (prendre consciència del propi procés d'aprenentatge); 4) participar en activitats socials molt significatives per a l'alumnat, entre d'altres. A continuació discuteixen quatre línies de recerca en didàctica de les ciències que estan relacionades amb la capacitat de transferir:

- Aprendre coneixements científics des d'un context, és a dir, l'EBC. Defineixen context com una situació focalitzada i complexa que recull fets rellevants socialment de l'entorn cultural de l'alumnat i la seva proposta d'aprenentatge en context consisteix en: "l'anàlisi d'una situació o problema complex, rellevant socialment i de l'entorn de l'alumne que es realitza durant unes setmanes. A partir del seu estudi es van modelitzant els conceptes clau necessaris per a entendre'l i prendre decisions, tot interrellegant i organitzant els conceptes junt amb les experiències i el nou llenguatge que es va generant, al voltant de models teòrics clau de la ciència". Les autores proposen que en la selecció dels contextos cal tenir en compte que la situació tingui sentit en la realitat de l'alumne però que també possibiliti l'aprenentatge d'idees noves de models teòrics (abstractes però universals) de la ciència que seran útils per molts contextos, no només el d'estudi. Tanmateix, reconeixen que encara falten molts estudis per a evidenciar que l'EBC pot promoure la transferència però avui ja es disposa d'evidències de que l'ensenyament tradicional descontextualitzat no sempre la promou.
- Aprendre models teòrics, és a dir, modelitzar. Defineixen model teòric tal i com ja vam fer a l'apartat d'activitat científica escolar d'aquest capítol i destaquen que no es tracta de canviar les concepcions alternatives dels alumnes per idees "correctes" sinó que el procés de modelització ha de promoure l'evolució dels models inicials dels alumnes a d'altres més coherents amb els científics. La hipòtesi de treball que defensen és que si s'afavoreix la construcció de models teòrics (pocs però complexos) molt significatius per a l'alumnat però també rellevants des de la ciència, serà més fàcil activar aquests models quan es necessitin per a explicar un nou problema ja que la ment de l'alumne estarà organitzada al voltant de grans idees de la ciència.
- Aprendre com es genera el coneixement científic, és a dir, indagar. Les autores defineixen l'activitat científica escolar com el plantejament de problemes i preguntes investigables en relació a situacions (contextos) que tinguin sentit per als aprenents i amb l'objectiu d'elaborar unes primeres representacions, cercar evidències que les validin i contrastar diferents punts de vista entre iguals i amb persones expertes. Finalment, caldrà ordenar i comunicar les noves representacions (models) però també

comprovar si són útils per a explicar nous fenòmens per valorar si s'han de modificar. Com a últim punt destaquen que si l'alumnat no reconeix com es genera, organitza i evoluciona el coneixement científic és més difícil que pugui interioritzar les seves representacions mentals i gestionar-les adientment quan hagi de transferir-les.

- Aprendre a aprendre, és a dir, regular l'aprenentatge. L'últim aspecte que discuteixen es refereix a promoure en l'alumnat la capacitat de continuar aprenent al llarg de la seva vida, és a dir, que s'autoavalui identificant les dificultats, comprenent les causes i planificant estratègies per a superar-les. Les recerques sobre regulació metacognitiva indiquen que els alumnes més autònoms són capaços d'anar més enllà de l'activitat d'aula i de manera espontània autoavaluen els seus models mentals. Per altra banda, molts alumnes no són capaços de gestionar l'error i les emocions negatives que apareixen quan no es té èxit i aquest fet pot desembocar en ansietat i avorriment envers la ciència, l'escola o l'educació en general.

En resum, i a falta de recerques empíriques que aportin evidències, sembla raonable suposar que l'alumnat capaç de transferir és aquell que: 1) es fa preguntes sobre fets del món; 2) s'involucra en investigacions que li permeten construir models teòrics per interpretar aquests i d'altres problemes; 3) s'autoavalua i autoregula el seu aprenentatge gestionant les emocions, encerts i errors del procés d'ensenyament.

TRANSFERÈNCIA i ENSENYAMENT de les CIÈNCIES

La revisió realitzada per Gómez et al. (2012) sobre els processos de transferència en l'ensenyament de les ciències aborda la transferència des de tres perspectives: la resolució de problemes, estratègies didàctiques i les implicacions per a la pràctica docent.

1. Transferència i resolució de problemes numèrics. En articles anteriors els autors han discutit procediments per a la resolució de problemes a través de la comprensió relacional (que l'alumne sàpiga què fa i per què ho fa), que és el que hem estat anomenant metacognició. També comenten que la transferència analògica és la principal estratègia que fem servir els humans quan ens enfrontem a un problema i pot dividir-se en dues fases: 1) activació d'anàlegs amb el nou problema proposat; 2) relació dels anàlegs amb el nou problema. Tanmateix, en ambdues fases es requereix descontextualitzar el problema, abstroure les idees principals i reconèixer similituds entre la situació d'aprenentatge i la de transferència. A més a més, afirmen que el context (entenent per aquest les característiques superficials del problema a resoldre) poden afavorir l'activació d'esquemes mentals i també la transferència. En un article més recent (Gomez, Solaz-Portolés, & Sanjosé, 2013) els mateixos autors presenten els resultats de dos estudis exploratoris sobre la transferència en la

resolució de problemes a partir d'anàlegs. Cal dir que els problemes eren de pensament proporcional i no requerien la comprensió d'idees científiques per a ser resolts, més enllà del concepte de magnitud física i les seves unitats. En la seva discussió identifiquen dues variables: superfície i estructura. La seva descripció de superfície seria comparable a la idea de context que s'ha anat discutint en aquest marc teòric, mentre que el concepte d'estructura estaria relacionat amb el model mental necessari per a resoldre el problema. Els seus resultats mostren que: 1) L'anàleg (o problema font) més adequat per a facilitar la transferència és aquell que presenta una estructura similar al del problema nou per resoldre, és a dir, que requereixen el mateix model mental; 2) Quan el problema font i el problema diana tenen la mateixa superfície es produeix un apantallament de les diferències estructurals i es dificulta el procés de transferència, és a dir, que el context pot actuar de distractor i obstaculitzar la transferència; 3) el problema font contribueix menys a promoure la transferència quan el context de l'enunciat del problema resulta poc familiar per als estudiants, és a dir, els contextos propers a l'alumnat faciliten la transferència.

2. Transferència i estratègies didàctiques. En aquest apartat es recullen treballs d'investigació sobre estratègies amb evidències de millora en la transferència. Per exemple, la recerca de Williams et al. (2004) investiga com aquesta es promou si els mètodes d'ensenyament no estan centrats en els continguts sinó en que l'alumnat utilitzi pautes de raonament científic en contextos significatius per a elles i ells. Un altre recerca (Fortus et al., 2005), investiga el disseny i construcció d'artefactes tecnològics útils i els seus resultats mostren que l'alumnat fou capaç de transferir els seus coneixements i habilitats a d'altres contextos del món real. Finalment, a la recerca de Lin & Lehman (1999) es van investigar quatre grups d'alumnes que van seguir una metodologia didàctica diferent i es va avaluar la seva capacitat de transferir entre contextos similars i diferents. Els seus resultats mostren que el grup que va seguir un aprenentatge focalitzat en justificar les estratègies d'actuació (com, quan i per què) va ser més efectiu al transferir i fet que es pot relacionar amb la importància de regulació metacognitiva de l'aprenentatge per a promoure la transferència.
3. Transferència i implicacions pràctiques per al professorat. A l'apartat final de la revisió, els autors fan algunes recomanacions d'estratègies que promouen la capacitat de transferir:

- Que els estudiants sàpiguen què fan i per què ho fan, és a dir, treballar de manera més explícita la regulació metacognitiva a l'aula.
- Evitar les lliçons magistrals i el treball exclusivament individual en favor del treball cooperatiu ja que maximitza la funció sociocognitiva de l'aprenentatge.
- Proporcionar als estudiants diverses, contínues i prolongades experiències per a posar en pràctica estratègies de reconeixement de similituds entre contextos, és a dir, promoure l'ús dels models teòrics en diferents contextos però també que un mateix context s'interpreti amb diferents models teòrics.
- Dur a terme una gradació de la dificultat de les transferències que comenci per transferències properes i acabi en transferències més llunyanes.
- Ajudar als estudiants a que elaborin representacions dels seus models mentals en forma de mapes conceptuals, esquemes o diagrames; aquest aspecte es relaciona amb la fase de síntesi de les idees clau del model teòric que serveix per a consolidar el model teòric de manera que sigui coneixement transferible.
- Per últim, dissenyar activitats que permetin connectar els coneixements de l'aula amb el món real que envolta els estudiants mitjançant l'ús de contextos reals que resultin interessants per a l'alumnat. Evidentment, aquest punt està lligat a la selecció de contextos d'aprenentatge rellevants per a l'alumnat.

ATRIBUTS de la TRANSFERENCIA del CONEIXEMENT QUÍMIC

En aquest apartat es revisaran dues recerques sobre la transferència i l'aprenentatge de la química que s'han realitzat a Israel (Dori & Sasson, 2013; Sasson & Dori, 2015).

A la primera part de la recerca (Dori & Sasson, 2013), les autores fan una revisió de la literatura sobre transferència i detecten una manca de fonamentació teòrica en les recerques empíriques que avaluen la capacitat de transferir. En conseqüència, es proposen elaborar un marc teòric per la transferència que sigui útil per a la recerca en didàctica de les ciències, tot i que investiguen el cas concret de la química.

La proposta de marc teòric es basa en la identificació de tres atributs de la transferència:

1. La distància entre tasques: es refereix al grau de similitud entre la nova situació i la inicial. Per exemple, si s'ha estudiat l'estructura del NaCl(s) la distància gran seria explicar la del Carboni grafit però una curta seria explicar la del KCl(s).

2. La interdisciplinarietat: es refereix a la quantitat de contextos, dominis o disciplines implicades en la tasca. De menor a major complexitat tindríem primer una branca de la química (química orgànica), després la pròpia disciplina i finalment una integració entre diverses disciplines (química i biologia o fins i tot química i economia).
3. Les habilitats: es refereix a les destreses mentals necessàries per a realitzar la tasca i distingir-les segons si són de baix ordre (recordar o descriure) i d'alt ordre (indagar o pensar críticament).

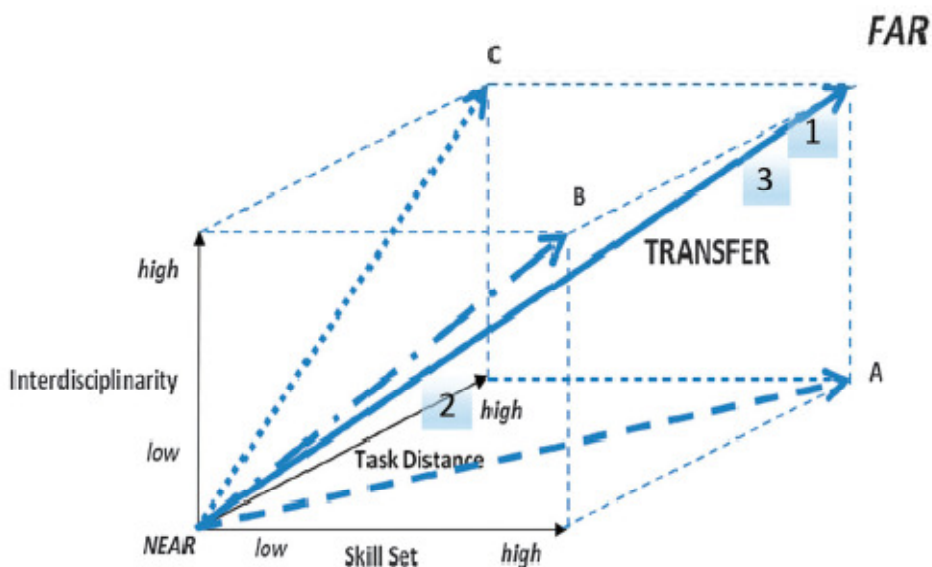


Figura 4. Les tres dimensions que caracteritzen les transferències properes i llunyanes. Font: Dori & Sasson (2013).

A partir d'aquestes tres atributs i mitjançant la Figura 4, es configura un espai tridimensional en el qual es poden trobar diferents graus de transferències properes i llunyanes. A partir del seu marc teòric proposen dos casos extrems que poden servir de referent per al disseny de tasques d'avaluació de la transferència:

- Una transferència propera és aquella amb una distància entre tasques petita, coneixement d'una sola disciplina i habilitats de baix nivell cognitiu.
- Una transferència llunyana és aquella amb una distància entre tasques gran, coneixement de diverses disciplines i habilitats de nivell cognitiu elevat.

A l'article es discuteix la importància de fer servir la transferència com una manera d'avaluar l'èxit educatiu però també reconeixen els problemes teòrics i metodològics per interpretar i comparar estudis empírics amb evidències de transferències amb èxit. Per tal d'aportar llum a aquesta qüestió, les autores

apliquen el seu model a l'estudi d'un cas d'aprenentatge a partir de laboratoris virtuals. La unitat didàctica inclou activitats de treball en grups cooperatius, ús de sensors, construcció de gràfics i interpretació de resultats i es va estructurar en tres etapes: teoria, experimentació i investigació. La hipòtesi de partida és que l'alumnat ha après en cursos o unitats anteriors els quatre nivells de comprensió de la química (simbòlic, macro, micro i procés segons Dori & Hameiri (2003)) i per tant es proposen investigar la capacitat de transferir de l'alumnat en tasques noves però similars a les de la unitat didàctica. Una aspecte que queda pendent en aquesta recerca és investigar com es va construir aquest coneixement en els cursos anteriors per veure que la transferència no és només una activitat d'aplicació sinó la conseqüència de tot un procés d'aprenentatge sobre el qual no aporten informació ni temporal ni de les activitats didàctiques. És a dir, la transferència no es pot abordar només des de l'aplicació del coneixement sinó que cal tenir en compte com aquest es va construir en el procés d'aprenentatge.

L'estudi de cas que es presenta consisteix en un text introductori que fa la funció de context i que tracta un dilema: "Els arbres poden causar contaminació?". Es basa en l'emissió d'isoprè per part d'alguns arbres i aquesta substància contribueix al boirum de les ciutats. Dos exemples de tasques per avaluar la transferència d'alumnes de 17-18 anys d'un itinerari científic postobligatori són:

Tasca 1: "Explica per què l'isoprè es dissol bé en tetraclorur de carboni però no en aigua".

Tasca 2: "La comunicació entre alguns animals es fa mitjançant uns hidrocarburs derivats de l'isoprè. Descriu les característiques d'aquests compostos que permeten que el compost passi d'un animal a un altre a través de l'aire."

D'acord amb el seu marc teòric, la tasca 1 és una transferència propera mentre que la tasca 2 és una transferència llunyana. Tanmateix, en relació al context inicial es pot afirmar que la primera tasca no té relació directa amb ell i consisteix en una activitat convencional sobre enllaços, estructura i propietats. Mentre que a la segona activitat el context biològic de la tasca sí s'ha de tenir en compte per a donar una resposta completa.

Dues conclusions destacables del seu estudi són:

- Transferir espontàniament és molt difícil, per tant la recomanació és que el professorat ha d'ensenyar a transferir amb activitats explícites que ho exercitin. Tal i com discutirem a l'apartat següent, la manera d'avaluar condiona totalment l'aprenentatge (i per tant, la capacitat de transferir) de l'alumnat.
- La comparació de contextos, casos, exemples promou la capacitat de transferir, per tant, aquest tipus d'activitats s'haurien d'incloure en els llibres de textos o materials didàctics que es fan servir a les aules.

A la recent publicació de la segona part de la recerca (Sasson & Dori, 2015), justifiquen la importància de la transferència com una habilitat que permet seguir aprenent al llarg de tota la vida. Els objectius d'aquest segon estudi són: 1) investigar l'aplicació del model dels tres atributs de la transferència a dos estudis de casos; 2) justificar la utilitat del marc teòric com una eina per al disseny de tasques per avaluar la capacitat de transferir però que també permet mesurar el grau de qualitat de la transferència. Els dos estudis realitzats van ser amb alumnes de diferents edats; l'alumnat del primer estudi (17-18 anys) va consistir en un estudi de cas i els del segon (14-15 anys) van seguir un curs d'enriquiment de la física, en aquest cas també es van buscar diferències de gènere. Els resultats del primer estudi van mostrar un increment en la capacitat de transferir mesurat a partir de la capacitat de relacionar la química amb altres dominis i el fet d'utilitzar diferents nivells de comprensió de la química. Quant als resultats del segon estudi, la capacitat de realitzar transferències properes dels nois va ser superior a la de les noies malgrat haver participat en el mateix programa. Aquest resultat coincideix amb el que va trobar Burgoa (2014) i una possible interpretació és que les noies estan més habituades (ja sigui pel professorat o per l'entorn sociocultural) a centrar-se en la memorització i les activitats més reproductives. La proposta de gradació de la capacitat d'aplicació dels diferents nivells de la química és útil per a la major part de qüestions plantejables en la química de la secundària bàsica però el model 3D de la transferència presentat pels autors està excessivament condicionat per les característiques dels models teòrics de la química i no recull tots els aspectes que condicionen la transferència. Un dels objectius d'aquesta tesi és generalitzar aquest marc teòric per a la transferència de manera que el model resultant sigui més holístic i sigui útil per a totes les disciplines científiques.

TRANSFERÈNCIA entre MATEMÀTIQUES i CIÈNCIES

La tesi doctoral de Begoña Burgoa (Burgoa, 2014) va tractar la transferència del concepte de funció des de les matemàtiques a les ciències. Primerament es justifica la necessitat d'investigar les relacions conceptuals entre matemàtiques i ciències i el cas concret del concepte de funció, per ser una idea clau de les competències científiques i matemàtiques que habitualment presenta moltes dificultats per a l'alumnat. Des del marc teòric de la transferència de l'actor orientat (Actor-Oriented Transfer, AOT, Lobato, 2003) l'èmfasi es posa en les similituds entre situacions que observa l'alumne i no en les que observa el docent o expert. A la seva recerca va fer ús de metodologies quantitatives i qualitatives: proves escrites, grups control i experimental (que incloïa unitat didàctica contextualitzada i amb participació activa de l'alumnat), gravacions en vídeo, entrevistes i un qüestionari sobre motivació. Els resultats indiquen que existeix una relació entre contextualització de l'aprenentatge i transferència del concepte de funció. S'ha observat que quan el concepte de funció és treballa des de l'abstracció matemàtica no s'afavoreix que aquest pugui ser aplicat a context científics a curt termini però també han identificat una dependència de l'estil del didàctic del docent

i l'ús que fa del llenguatge com aspectes clau en la construcció d'un coneixement transferible. Per aquest motiu, es conclou que la transferència és un concepte que va més enllà de l'ús de coneixements ja que el propi procés de transferir forma part del procés d'aprenentatge. Altres factors de l'alumnat (actitudinals, emocionals i acadèmics) també caracteritzen la pròpia capacitat de transferir i fins i tot es van identificar diferències de gènere associades als moments d'aprenentatge i transferència.

TRANSFERÈNCIA com la RESOLUCIÓ DE PROBLEMES CONTEXTUALITZATS

Finalment, es presentaran els resultats d'una recerca sobre la resolució de problemes contextualitzats en un treball conjunt entre investigadors de Suècia i Alemanya. Tot i que no apareix la paraula transferència al títol, de manera implícita estan directament relacionats amb ella i amb els objectius de recerca d'aquesta tesi.

El treball de Broman & Parchmann (2014) justifica la necessitat de dur a terme recerques empíriques que demostrin que els projectes contextualitzats a més d'incrementar la motivació i l'interès de l'alumnat també permeten millorar els resultats d'aprenentatge. Conseqüentment, investiguen l'aplicació de conceptes de química per a resoldre problemes contextualitzats dissenyats a partir de combinar temes, conceptes i contextos del currículum de Suècia. Segons el marc teòric d'aquest apartat, es tractaria d'avaluar la capacitat de transferir coneixement químic, des dels projectes curriculars de l'aula cap a tasques amb contextos reals. L'instrument de recollida de dades va ser una entrevista a 20 estudiants de secundària de 17-18 anys que resoldrien els problemes pensant en veu alta (en anglès, "think-aloud interviews"). Les principals dificultats detectades van ser aplicar conceptes com electronegativitat, polaritat o solubilitat a la química orgànica però també la diferenciació entre enllaços inter i intramoleculars, fet que ja s'havia discutit en altres recerques. Pel que fa al context, l'alumnat el va incloure en les seves respostes a partir de connexions amb aspectes personals, socials o professionals. Un exemple de tasca en el context personal de l'alumne és:

"Quan prens un medicament aquest s'ha de barrejar amb la sang per a ser transportat per tot el cos. La sang està feta principalment d'aigua. Quan tens un maldecap, un dels fàrmacs que es poden prendre és Aveldon. (es mostra l'estructura química del seu principi actiu, el paracetamol). Què és el que fa que aquest fàrmac es dispersi bé per la sang?"

Les conclusions del seu estudi són:

1. Els projectes de química basats en contextos no poden fer invisibles els conceptes químics, especialment en les etapes postobligatòries, ja que aquests projectes no només han de promoure l'interès de l'alumnat per la ciència sinó també proporcionar els fonaments per a una progressió

posterior de les idees. A més, la literatura sobre transferència indica la necessitat de disposar de coneixement abstracte que s'ha d'activar, per tant els projectes en context que busquin promoure la capacitat de transferir no poden centrar-se en continguts concrets i descriptius dels contextos.

2. El context no ha sigut un distractor per a l'alumnat en la resolució dels problemes sinó que ha ajudat a buscar connexions amb els conceptes de química necessaris en les respostes. Per tant, el context no és un simple pretext ornamental sinó que juga un paper clau en la resolució dels problemes que han plantejat, ja que hi havia una forta relació entre conceptes i context. Aquest fet contradiu les recerques sobre transferència que indiquen que el context pot dificultar la capacitat de transferir, per tant, caldran més recerques per a aclarir aquest aspecte.
3. Pel que fa al professorat, el disseny de problemes contextualitzats és una tasca a la que no estan acostumats. Aleshores proposen incloure aquesta estratègia en cursos de formació inicial i permanent del professorat per tal de promoure l'ús de les habilitats de pensament d'ordre superior en contextos de la vida real, i aquest tipus de processos mentals porta implícits mecanismes de transferència del coneixement que caldrà treballar amb l'alumnat de manera explícita.

SÍNTESI

A continuació es resumeixen els aspectes més rellevants sobre transferència d'aquest apartat que estan relacionats amb els objectius de recerca d'aquesta tesi i que deixen alguns interrogants que s'abordaran al llarg d'aquest document:

- La transferència implica l'activació de mapes mentals amb idees abstractes i llenguatge científic, fins i tot pot requerir la seva modificació abans d'aplicar-se al nou context. Però quines activitats d'ensenyament-aprenentatge faciliten la construcció d'aquests mapes mentals i com es pot ensenyar a transferir-los?
- Aprendre de manera abstracta els models teòrics clau de la ciència pot dificultar que aquest coneixement sigui transferit a situacions quotidianes. Però quina metodologia contextualitzada és la més adient per a promoure la capacitat de transferir de l'alumnat?
- Si l'objectiu de l'educació científica és l'assoliment de la competència científica, entesa com "la capacitat d'utilitzar el coneixement científic en situacions de l'entorn de l'alumnat" segons la OECD, estem d'acord amb Bransford et al. (1986) quan plantegen el problema del coneixement inert: "El fet que la gent disposi de coneixement rellevant per a una situació no garanteix que es pugui accedir a ell". En aquest sentit, quan

l'ensenyament de les ciències és abstracte, descontextualitzat i sense relació amb la realitat, no s'està facilitant que l'alumnat sigui capaç d'aplicar-lo més enllà de l'escola i, tot i disposar del coneixement a la seva memòria, és incapaç de transferir-lo més enllà de realitzar activitats reproductives del que ha fet a l'aula. Però com es poden dissenyar i avaluar activitats que puguin servir d'indicadors de la capacitat de transferir? El context d'una tasca és un factor promotor o un distractor de la capacitat de transferir?

- El primer mecanisme mental en un procés de transferència és el pensament analògic o activació d'anàlegs. Però quins anàlegs fa servir l'alumnat? Experiments, contextos, vídeos, anècdotes del professor? Pot ser que s'activi directament el model teòric abstracte sense pensar en un anàleg concret?
- Per últim, com es poden integrar la contextualització, la modelització, la indagació i la regulació de l'aprenentatge en una mateixa proposta d'aula que promogui la capacitat de transferir el coneixement científic?

2.5 L'avaluació de la competència científica

L'avaluació és la peça clau de tot procés d'aprenentatge i està fortament lligat al desenvolupament professional dels docents en els processos d'innovació educativa. En els processos de millora en els centres educatius, si no canvia l'avaluació, difícilment canviarà res (Simón, Márquez, & Sanmartí, 2006). Alguns dels projectes en context revisats no disposen de sistemes d'avaluació externs que condicionin la manera d'avaluar dels usuaris. Per tant, el professorat és lliure de dissenyar les seves proves escrites i fixar els seus criteris d'avaluació i qualificació. En alguns d'aquests casos, la innovació té lloc en la metodologia però l'avaluació segueix sent reproductiva i només entesa des de la seva vessant qualificadora, és a dir, sense considerar el seu potencial per a regular el procés d'aprenentatge (Sardà, 2014).

La concreció sobre el concepte de competència científica de les proves PISA ha contribuït a centrar l'atenció en els contextos, tant pel que fa als mètodes d'ensenyament com els d'avaluació (Blanco, España, & Rodríguez, 2012). Respecte al disseny de seqüències didàctiques contextualitzades centrades en la competència científica, els autors identifiquen quatre aspectes en els que el context influeix de manera notable a través d'un exemple d'unitat didàctica sobre la decisió de consumir aigua embotellada o de la xarxa d'abastiment pública:

1. L'identificació i ús de contextos rellevants: destaquen que tant important com la selecció del context és la manera de desenvolupar-lo per aconseguir que els estudiants el valorin com a interessant. En aquest aspecte, s'hauria de tenir en compte la rellevància dels contextos però també serà clau l'estil docent del professor.

2. El paper del context en la seqüenciació: els autors destaquen l'ús de preguntes com a estratègia inicial per a familiaritzar-se amb el context i fer emergir les idees prèvies, per exemple, "És millor l'aigua d'ampolla que l'aigua de l'aixeta?". En la fase final de la unitat, es respon a la pregunta del context i l'alumnat ha de valorar en quina mesura ha canviat la seva presa de decisions argumentada. El següent aspecte a concretar seria com connectar el context amb els elements de la competència científica al llarg de les etapes intermèdies de la unitat, no només al principi i al final, i tenint en compte el "need-to-know principle" (Pilot & Bulte, 2006b).
3. El context i la selecció dels elements de la competència científica: pel que fa al context de l'aigua embotellada, els autors fan una llista de les tres dimensions associades a la competència científica: coneixements, subcompetències (o capacitats) i actituds. Tanmateix, per aconseguir la integració de tots aquests elements en la unitat didàctica caldrà seleccionar adequadament els tipus d'activitats d'aprenentatge i tenir en compte les concepcions alternatives de l'alumnat. Subratllem l'afirmació dels autors sobre que hi ha molt de consens en la importància d'emprar contextos però apareixen moltes dificultats quan es vol posar en pràctica aquesta mesura a l'aula.
4. El context i l'avaluació de l'aprenentatge: Destaquen l'avaluació com una mesura del nivell de competència científica quan es planteja l'estudi de contextos nous. En aquest sentit ofereixen varis exemples d'anàlisi d'anuncis publicitaris sobre l'aigua i d'etiquetes d'aigua embotellada. Des del punt de vista dels contextos, les transferències proposades són properes ja que els contextos inicial i d'aplicació estan estretament relacionats, seria interessant proposar transferències més llunyanes amb contextos d'aplicació allunyats del context inicial, com per exemple l'estudi dels processos en una dessalinitzadora o en una depuradora d'aigües residuals.

L'avaluació de la competència científica és un tema clau en la didàctica de les ciències i un dels treballs recents més destacables és la tesi doctoral de Domenech (2014), que utilitza controvèrsies sociocientífiques com a situacions a partir de les quals desenvolupar les tres subcompetències científiques. La recerca consisteix en l'aplicació de dues unitats didàctiques (una sobre el TDAH, Trastorn del dèficit d'atenció i hiperactivitat, i una altra sobre la medicalització de la societat) amb alumnes de secundària de 3r d'ESO i 1r de batxillerat. A partir dels resultats obtinguts de l'anàlisi de les respostes de l'alumnat, l'autora apunta que les dues unitats han contribuït al desenvolupament de la competència científica de l'alumnat i destaca alguns dels instruments que s'han elaborat i que són potencialment adaptables a d'altres situacions: 1) criteris per a la selecció de les controvèrsies sociocientífiques per a l'aula de secundària; 2) rúbriques per a l'anàlisi de les respostes de l'alumnat com instruments per diagnosticar i caracteritzar el grau de desenvolupament de la competència científica.

Atesa la necessitat de dissenyar tasques que avaluïn la capacitat de transferir, sembla adient revisar els aspectes que caracteritzen les maneres diferents d'avaluar del professorat (Sanmartí & Marchán-Carvajal, 2014). Algunes característiques de l'avaluació de la competència científica que la fan més autèntica són:

- Que sigui complexa: que requereixi mobilitzar sabers diversos de manera interrelacionada.
- Que sigui contextualitzada: que plantegi un problema o situació real o versemblant que tingui a veure amb l'entorn de l'alumnat i que exigeixi aprofundir en com actuar i per què.
- Que sigui productiva: que no es centri en que l'alumnat reproduïx tasques realitzades a l'aula amb anterioritat, sinó que s'hagin d'interpretar nous fets i comunicar la informació de manera adequada en funció del receptor.

Per tots aquest motius, ens sembla important relacionar l'avaluació a través de contextos amb les recerques sobre transferència i competència científica, i uns dels casos més exemplars és el PISA. A l'apartat següent es farà una revisió de l'ús dels contextos en l'avaluació de la competència científica segons els marcs teòrics de les proves del PISA.

2.5.1. Avaluació de la competència científica al PISA

Al 1997, la OCDE (Organització per la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic) va iniciar el PISA (en anglès, Programa per a l'Avaluació Internacional d'Alumnes) un estudi comparatiu, internacional i periòdic que té l'objectiu d'avaluar la formació dels estudiants de 15 anys dels països participants. Però no va ser fins al 2003 quan es concretà el concepte de competència a l'educació bàsica a través del Projecte DeSeCo (Definition and Selection of Competencies) impulsat també per la OCDE. Com a resultat del projecte, es va publicar l'informe "Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico" en el que s'establien vuit competències que tot ciutadà havia de desenvolupar, entre elles, la científica.

Pel que fa al concepte de competència científica, la definició proposada per la OCDE ha anat evolucionant al llarg dels anys, tal i com mostra la Taula 3. L'any 2000 va tenir lloc la primera prova que va avaluar la competència lingüística, matemàtica i científica dels estudiants de 14 anys i en els anys 2006 i 2015 la prova es va focalitzar en la competència científica. Com podem veure, de la primera a la segona definició s'introdueix la relació CTS com un desig de participar en temes científics com a ciutadà, però en el marc teòric ja s'empra la paraula "contextos" com a equivalent de "situacions de la vida quotidiana on aplicar

coneixements científics", fet que es consolida i amplia en el marc teòric del 2015 que revisarem més endavant.

Taula 3. Evolució de la definició de competència científica segons la OCDE.

Any PISA	Definició
2000	<p>La competència científica és la capacitat d'usar el coneixement científic, identificar preguntes i treure conclusions basades en proves per tal d'entendre i ajudar a prendre decisions sobre la natura i els canvis produïts per l'acció de l'home. (OCDE, 2000)</p>
2006	<p>Saber els coneixements científics i l'ús d'aquests per identificar preguntes, per adquirir nous coneixements i explicar fenòmens relacionats amb la ciència a partir de l'ús de les proves disponibles.</p> <p>Entendre els trets característics derivats de considerar la ciència com una forma de coneixement humà i font d'enriquiment personal.</p> <p>Ser conscient de la relació existent entre la ciència, la tecnologia i la societat.</p> <p>Desig de participar en temes científics com a ciutadà reflexiu.</p> <p>(OCDE, 2006)</p>
2015	<p>La competència científica és la capacitat que té un ciutadà reflexiu per involucrar-se en qüestions relacionades amb la ciència i amb les idees de la ciència, per tant, una persona amb coneixements científics bàsics està disposada a participar en una conversa raonada sobre ciència i tecnologia que requereixi les competències per:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Explicar fenòmens científicament:2. Avaluar i dissenyar recerca científica:3. Interpretar dades i proves des d'un punt de vista científic: <p>(OCDE, 2013)</p>

Cada sistema educatiu ha concretat la seva pròpia definició de competència i en el cas de Catalunya, la Llei 12/2009 (DOGC núm.5422) fixa els continguts del currículum de les diferents matèries i defineix les vuit competències de l'educació bàsica, i entre elles la competència en el coneixement i la interacció amb el món físic es defineix com aquella que:

"mobilitza els sabers escolars que li han de permetre comprendre la societat i el món en què es desenvolupa, fa que l'alumnat superi la simple acumulació d'informacions per interpretar i apropiar-se dels coneixements sobre els fets i els processos, per predir conseqüències i dirigir reflexivament les accions per a la millora i preservació de les condicions de vida pròpia, les de les altres persones i les de la resta dels éssers vius".

COMPETÈNCIA CIENTÍFICA i CONTEXTOS al PISA 2006

Al 2009, la prestigiosa revista "Journal of Research in Science teaching" va dedicar un volum especial al tema següent: competència científica i contextos a les proves PISA de ciències. Els aspectes més rellevants dels articles del monogràfic són:

El primer article (Bybee, McCrae, & Laurie, 2009) és una discussió sobre el marc teòric de l'avaluació de les proves PISA al 2006 que inclou la definició de competència científica que ja s'ha discutit abans, així com les tres subcompetències, els dos tipus de coneixement i les actituds envers la ciència. Es presenta una selecció dels resultats en la competència científica dels països i es donen alguns detalls sobre el disseny i desenvolupament de les unitats i les tasques d'avaluació emprades. És interessant destacar que hi ha un nombre molt baix d'estudiants en els nivells més alts de les tres competències científiques, mentre que per altra banda més d'un 90% de l'alumnat és capaç de realitzar les tasques del nivell 1. Aquesta dada es pot relacionar amb el concepte de transferència ja que evidencia la gran dificultat per a dur a terme transferències llunyanes i contribueix a que alguns professors avaluin de manera que no s'hagi de transferir o només de manera propera.

En el segon article Fensham (2009) discuteix sobre l'ús de contextos de la vida real a les proves PISA. L'autor argumenta que els cursos de l'EBC són la millor metodologia d'ensenyament per afrontar els ítems de la prova, ja que aquests es basen en situacions sobre ciència i tecnologia que són significatives per a estudiants de 15 anys que ja apareixen en alguns dels projectes de ciències en context existents. També comenta que la selecció dels contextos s'ha de fer de manera que tinguin sentit per a nois i noies. A les proves PISA 2006 van procurar-ho i els resultats indiquen que malgrat que es van incloure alguns ítems afectius no es van identificar diferències de gènere estadísticament significatives. Malgrat això, si es van identificar algunes diferències contextuais però eren molt menors que les associades al tipus de competència científica. En aquesta tesi es tindrà en compte la recomanació final de l'autor de fer servir els ítems alliberats de les

proves pisa per avaluar el nivell d'adquisició de la competència científica per avaluar la idoneïtat i qualitat dels cursos EBC.

A més, l'article fa un anàlisi alternatiu de les proves pisa en que la unitat no són els ítems de la prova (cadascun associat a una subcompetència científica) sinó que ho són els contextos i d'aquests nous resultats se'n deriven algunes implicacions per a l'EBC:

1. L'autor planteja els avantatges i els inconvenients de proporcionar el llistat de contextos al professorat o bé deixar-li llibertat perquè triï els més adients per als seus alumnes. La primera requereix que els docents estiguin familiaritzats amb els contextos per poder-los tractar amb els seus alumnes, mentre que la segona requereix empatia per a identificar els contextos més adients per a un determinat tipus d'alumnat.
2. Hi ha dos tipus de contextos que van ser descartats per a les proves PISA però que podrien ser inclosos en projectes en context nacionals: cosmologia i exploració de l'espai i els contextos militars. El primer va ser descartat per associar la competència científica a una visió excessivament pragmàtica del coneixement científic mentre que la segona ho va ser per motius geopolítics.
3. Els contextos representen una oportunitat per al treball interdisciplinari (tant entre les ciències com afegint disciplines no científiques), tot i que en alguns casos sigui una disciplina la que marca el fil conductor és necessari destacar les interaccions amb d'altres disciplines.
4. Els contextos són una oportunitat per a l'avaluació integrada dels coneixements de i sobre la ciència però calen més proves externes que siguin coherents amb els objectius curriculars ja que segueixen predominant els continguts sobre conceptes i teories.
5. Els contextos són una oportunitat per a la discussió i el debat sobre històries i vivències personals i això genera motivació intrínseca.

En el tercer article Nentwig et al. (2009) han analitzat la relació entre el grau de contextualització dels ítems de la prova i el nivell de competència científica en una selecció de països de la OCDE. Per fer-ho van elaborar dues categories de preguntes PISA segons si calia extreure i aplicar informació a partir de la informació del context. Les preguntes "hi-con" (high degree of contextuality) són aquelles que requereixen processar la informació del context per realitzar la tasca, mentre que les "lo-con" (low degree of contextuality) són aquelles en que la informació del context no és essencial per a resoldre la tasca. Per tal de classificar els ítems PISA en una o altra categoria es va fer servir una rúbrica basada en dos criteris: el contingut (si el context de l'ítem proporciona informació de la temàtica de la tasca) i rellevància (si la informació aportada és important per a la resposta a la tasca). Els resultats mostren que per a la majoria de països els estudiants fan

els dos tipus d'ítems amb el mateix èxit, és a dir, són igual de capaços de recordar la informació necessària per resoldre una tasca o d'extreure-la de la informació contextual. Tanmateix, els resultats d'Holanda indiquen que els seus estudiants obtenen una millor qualificació en els ítems "hi-con", fet que els autors justifiquen per la tradició educativa d'aquest país que destaca la importància en el currículum de les activitats d'extreure informació de contextos reals. El cas contrari seria el d'Alemanya, on l'alumnat va obtenir millors qualificacions a les preguntes "lo-con", fet que els autors relacionen amb l'educació centrada en els continguts d'aquest país malgrat les recents iniciatives per introduir la contextualització a les aules alemanyes, que van guanyant popularitat però encara són molt minoritàries (Parchmann et al., 2006). Pel que fa als objectius de recerca d'aquesta tesi, les tasques d'avaluació de la capacitat de transferir haurien de ser de tipus "hi-con", ja que no sembla interessant elaborar tasques en les que els contextos només tenen una funció decorativa o es posen per compromís amb el moviment CTS o l'EBC.

En el quart article, enfocat des del punt de vista de les controvèrsies sociocientífiques (CSC), Sadler & Zeidler (2009) discuteixen que en termes generals hi ha el moviment CSC és coherent amb els objectius didàctics del marc teòric de les proves PISA ja que les dues aproximacions es centren en preparar l'alumnat per a la vida i la ciutadania a partir del pensament crític i reflexiu que té en compte els coneixements sobre naturalesa de la ciència. Tanmateix, els contextos dels ítems alliberats de les proves PISA no estan relacionats amb controvèrsies sociocientífiques, en part per les limitacions temporals de la prova, que són de llapis i paper però també perquè han de ser èticament i culturalment neutres per no afavorir uns països respecte uns altres. Per exemple, troben a faltar la integració d'idees no científiques (economia, política, història...) per a exercir la competència científica en contextos socialment controvertits. Pel que fa al pensament crític, altres recerques recents destaquen la importància de les creences de l'alumnat a l'hora de fer servir el pensament crític davant de textos amb contingut científic (Oliveras, Márquez, & Sanmartí, 2013, 2014).

En el cinquè article, atès que Finlàndia va obtenir la puntuació més alta de competència científica, Lavonen & Laaksonen (2009) exploren les opinions dels estudiants, el discurs a l'aula, l'interès en la ciència, l'autoeficàcia i les creences sobre les pròpies capacitats i com tot això afecta al nivell assolit de competència pels estudiants finesos. Els autors també destaquen altres factors que han contribuït com les característiques socials i culturals de la població o la prioritització de l'educació per part dels programes polítics del govern Finès, entre d'altres. Pel que fa a les actituds, els qüestionaris indiquen una visió de la utilitat dels estudis científics, un interès clarament més alt que la mitjana de la OCDE per la física i la química i la percepció de que hi ha moltes opcions professionals científiques en el seu futur. Quant a la metodologia d'ensenyament, els autors posen l'accent en les nombroses activitats experimentals al laboratori i les que promouen que l'alumnat aprengui a treure conclusions a partir de dades reals.

Finalment, en el sisè article, Ratcliffe & Millar (2009) argumenten sobre la contribució d'un projecte de ciències contextualitzat però separat per disciplines (el projecte "Twenty First Century Science") a la capacitat de l'alumnat de realitzar qüestions contextualitzades com les de les proves PISA. Tot i que no l'han investigat empíricament, la seva hipòtesi seria que els projectes contextualitzats promouen un desenvolupament de la competència científica quan aquesta s'avalua a través de contextos quotidians perquè els alumnes ja estan habituats a aplicar models teòrics en situacions reals. Aquest projecte ha estat dissenyat de manera focalitzada en la competència científica i l'article recull l'ús que ha fet el professorat de les idees sobre la ciència durant les seves classes. Els instruments de recollida de dades van ser entrevistes i observació d'aula a 8 escoles d'Anglaterra durant dos anys i un qüestionari per a les 78 escoles que formen la mostra pilot que experimenta el projecte. Els resultats indiquen que el coneixement de la ciència segueix sent predominant entre el professorat malgrat que la declaració d'objectius del projecte va més enllà. El fet de tractar contextos actuals i idees de naturalesa de la ciència va representar un problema didàctic per a molts professors malgrat el suport formatiu que estava a la seva disposició. Els seus resultats indiquen que els canvis en el professorat requereixen molt de temps i suport didàctic però també afegeixen que cal pensar en altres formes de desenvolupament professional que estimulin la reflexió sobre la pròpia pràctica docent i es generi la necessitat de realitzar innovacions educatives.

EL NOU MARC TEÒRIC de PISA 2015

Tal i com hem dit abans, el marc teòric per a les proves PISA del 2015 (OCDE, 2013) recull la idea de context en molts dels seus apartats. A continuació es farà un resum del contingut sobre avaluació de la competència científica d'aquest document tot discutint els aspectes relacionats amb la contextualització.

Primerament, es justifica la importància de consensuar una definició internacional de competència científica i es concreta una proposta de les tres subcompetències:

1. Explicar fenòmens científicament: Reconèixer, oferir i avaluar explicacions per a un ventall de fenòmens naturals i tecnològics.
2. Avaluar i dissenyar recerca científica: Descriure i avaluar recerques científiques i proposar vies per resoldre qüestions científicament.
3. Interpretar dades i proves des d'un punt de vista científic: Analitzar i avaluar dades, afirmacions i arguments de diversa naturalesa i redactar les conclusions científiques adients.

A efectes d'avaluació, la definició de competència científica de PISA 2015 es pot caracteritzar per quatre aspectes interrelacionats: contextos, coneixements, competències i actituds (Figura 5).

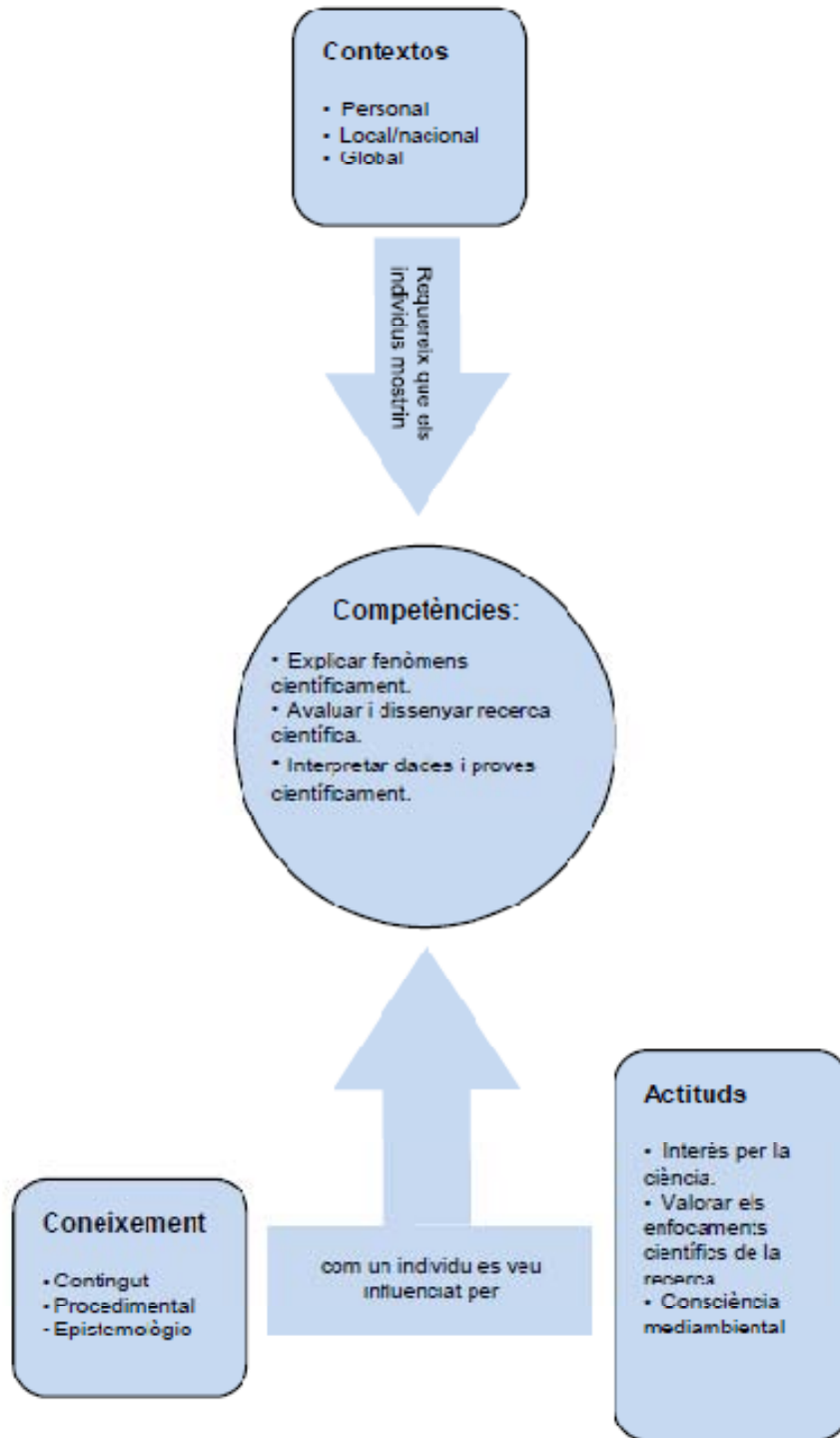


Figura 5. Marc conceptual per a l'avaluació de la competència científica a PISA. Font: Consell superior d'avaluació de la Generalitat de Catalunya.

Pel que fa als contextos, la prova PISA es centra en avaluar en quina mesura els nois de 15 anys són capaços de mostrar aquestes competències de manera apropiada en una varietat de contextos personals, locals/nacionals i globals al voltant de cinc àrees d'aplicació seleccionades per la seva rellevància: salut i malaltia, recursos naturals, qualitat mediambiental, perills i fronteres de la ciència i la tecnologia. En aquest sentit, també hi estan inclosos els contextos propis de la tecnologia i els contextos històrics del desenvolupament de la ciència, tal i com es veu a la proposta de contextos que fan (Figura 6). Pel que fa l'autenticitat dels contextos s'argumenta que és recomanable que siguin el més reals possibles però també s'han d'ajustar a la limitació de temps per a la prova, cosa que dificulta l'elaboració de les tasques d'avaluació. Segons els autors, és important garantir que hi ha una diversitat adequada de contextos per minimitzar el biaix causat per l'elecció d'aquests. També s'afirma que el PISA no és una avaluació de contextos, és a dir, que no s'avalua el coneixement descriptiu de les situacions rellevants sinó la capacitat d'aplicar coneixements científics en aquestes situacions. També reconeixen que la selecció dels continguts ha de tenir en compte les diversitats lingüístiques i culturals dels països participants. Fensham (2009) proposa que la selecció dels contextos es faci no només perquè siguin situacions reals sinó perquè aquestes siguin significatives pels estudiants de 15 anys per tractar aspectes interessants de la vida moderna, a més, reconeixen que alguns contextos poden donar lloc a diferències de gènere importants. Per exemple, el context sobre la investigadora Mary Montagu va fer que les noies obtinguessin millors qualificacions. Però en general, cap de les cinc àrees d'aplicació va mostrar una diferència de gènere significativa. En canvi, al 2006 el tipus de competència científica sí que va evidenciar que els les noies eres més competents en identificar investigacions científiques i en canvi els nois en la competència d'explicar fenòmens científicament.

	Personal	Local/Nacional	Global
Salut i malaltia	Cura de la salut personal, accidents, nutrició.	Control de la malaltia, propagació, elecció d'aliments, salut comunitària.	Epidèmies, disseminació de malalties.
Recursos naturals	Consum propi de recursos materials i d'energia.	Manteniment de la població humana, qualitat de vida, seguretat, producció i distribució d'aliments, abastiment d'energia.	Sistemes naturals renovables i no renovables, creixement de la població, ús sostenible d'espècies.
Qualitat mediambiental	Accions respectuoses amb el medi ambient. Ús i reciclatge de materials i aparells.	Distribució de població, reciclatge dels residus, impacte mediambiental.	Biodiversitat, sostenibilitat ecològica, control de la pol·lució, producció i pèrdua de sòl/biomassa.
Perills	Avaluació del risc de les opcions d'estil de vida.	Canvis ràpids (per ex. terratrèmols, fenòmens atmosfèrics severes), canvis lents i progressius (per ex. erosió de les costes, sedimentació), avaluació de riscos.	Canvi climàtic, impacte de les comunicacions modernes.
Fronteres de la ciència i la tecnologia	Aspectes científics de les aficions, tecnologia d'ús personal, música i activitats esportives.	Nous materials, aparells i processos, modificacions genètiques, tecnologia de la salut, transport.	Extinció d'espècies, exploració de l'espai, origen i estructura de l'espai.

Figura 6. Contextos per a l'avaluació de la competència científica a PISA 2015. Font: Consell superior d'avaluació de la Generalitat de Catalunya.

Pel que fa a les competències, el marc concreta les accions que ha de ser capaç de realitzar un alumne científicament competent. En aquesta tesi ens hem centrat en la primera subcompetència científica "Explicar fenòmens científicament" que es concreta així:

"Reconèixer, proporcionar i avaluar explicacions per a un rang de fenòmens naturals i científics demostrant l'habilitat per:

- Recordar i aplicar un coneixement científic adequat.
- Identificar, utilitzar i generar models explicatius i representacions.
- Realitzar i justificar prediccions adequades.
- Proporcionar hipòtesis explicatives.
- Explicar les implicacions potencials dels fenòmens per a la societat del coneixement científic."

Alguns exemples de tasques d'aquest tipus són explicar per què els antibiòtics no maten els virus, com funcionen els forns microones o per què els gasos són compressibles mentre que els líquids no ho són. Pel que fa al llenguatge, seguirem les recomanacions de Simón et al. (2006) per a diferenciar entre justificar i explicar: la primera requereix l'ús de conceptes i termes propis de les teories científiques connectats amb fets, mentre que la segona només relaciona causes i efectes.

Pel que fa als coneixements, es destaca que s'avalua la capacitat d'aplicar aquest coneixement en contextos de la vida quotidiana i no la capacitat de reproduir o recordar idees científiques, a diferència per exemple de les proves TIMMS (en anglès Trends in International Mathematics and Science Study). Es distingeixen tres categories de coneixement:

- Coneixements de contingut científic: fets, conceptes i teories explicatives que formen la base del coneixement sobre el món natural i els artefactes tecnològics. Els criteris que s'han fet servir per a seleccionar aquests idees clau són: 1) la seva rellevància en situacions de la vida real; 2) que representi un concepte o teoria general de gran validesa; 3) que sigui adequat per al desenvolupament cognitiu d'alumnes de 15 anys.

Pel que fa als continguts sobre química, recollits dintre de la categoria "sistemes físics", destaquen tres: estructura de la matèria (model atòmic, enllaços), propietats de la matèria (canvis d'estat, conductivitats tèrmica i elèctrica) i canvis químics de la matèria (reaccions químiques, transferència d'energia, àcids/bases). Tot i que amb uns altres noms, aquesta selecció concorda amb la realitzada a l'apartat de modelització basada en el document d'orientacions per al desplegament del currículum de ciències naturals a l'educació secundària obligatòria (Generalitat de Catalunya, 2009) tot i que seria molt recomanable concretar-los amb frases, per exemple, quan diuen model atòmic no queda clar si es refereixen a l'estructura interna de l'àtom o al model de partícules.

- Coneixements procedimentals: es refereix al coneixement dels procediments habituals que els científics fan servir per obtenir dades fiables i vàlides, com per exemple, la noció de variables dependents i independents, el control de variables, el tipus de mesura, els tipus d'error, els mètodes per minimitzar l'error, els patrons comuns que s'observen en les dades i els mètodes de presentació de dades. Dintre d'aquesta categoria hi entrarien alguns dels aspectes discutits en l'activitat científica escolar, sobretot els de planificar i realitzar experiments i comunicar els resultats. També es podria relacionar directament amb algunes habilitats d'indagació.

- Coneixements epistèmics: es refereix al coneixement de les estructures i característiques definitòries essencials del procés de construcció del coneixement científic i del seu paper en la justificació del coneixement produït per la ciència, el que en filosofia de la ciència es coneix com epistemologia, i que en didàctica es sol anomenar naturalesa de la ciència i de manera entenedora es pot resumir en "com la ciència sap el que sap". En aquest apartat estarien inclosos els aspectes sobre modelització de l'activitat científica escolar de Izquierdo et al. (1999), consistent en l'elaboració de models explicatius i la seva aplicació però també ser conscients de les seves limitacions i la necessitat de modificar-los. Un exemple concret de contingut sobre aquest coneixement seria la diferenciació entre observació, fet, hipòtesi i teoria o distingir raonaments hipotético-deductius, inductius, abductius (quan es fa una inferència de la millor explicació) o analògics. Quant a la manera d'avaluar aquest tipus de coneixement, els autors argumenten que és recomanable que sigui avaluat d'una manera pràctica en un context real i de manera integrada amb els altres dos tipus de coneixements.

Pel que fa a les actituds, el marc de PISA distingeix tres àrees per avaluar-les:

- Interès per la ciència: ve indicada per una curiositat per la ciència i els assumptes i reptes relacionats amb aquesta, una predisposició a adquirir coneixements i habilitats científiques addicionals utilitzant una varietat de recursos i mètodes i un interès continu per la ciència, incloent-hi un interès per a les carreres científiques.
- Valoració de la recerca científica: ve indicada per un compromís amb la cerca d'evidències com a base per explicar el món físic, un compromís amb el mètode científic com a mètode d'investigació quan aquest sigui el més adequat i valorar l'esperit crític com a mitjà per establir la validesa de qualsevol idea.
- Consciència mediambiental: ve indicada per una preocupació pel medi ambient i una manera de viure sostenible i una disposició a prendre i a promoure comportaments mediambientalment sostenibles

Cal destacar els resultats de la recerca de (Fensham, 2009) sobre contextualització i interès a les proves PISA de 2006. La primera conclusió important és que els alumnes amb més interès per la ciència són també els que són més competents científicament. Pel que fa al suport dels estudiants a la investigació científica, els resultats van mostrar un interès molt alt en la majoria de contextos avaluats i per a la majoria de països. Per altra banda, l'interès en aprendre sobre temes de ciència va ser molt baix per a la majoria d'ítems avaluats però en aquest cas sí que es van trobar diferències importants entre països. En ambdós casos les diferències de gènere no van ser significatives.

Una gran novetat del nou marc per a PISA 2015 és el concepte de demanda cognitiva i que és molt interessant per aquesta recerca per la seva relació amb la dificultat per a realitzar una transferència. Habitualment es confon demanda cognitiva i dificultat i segons els autors "per dificultat s'entén la quantitat de coneixements que calen per respondre un ítem, mentre que la demanda cognitiva es refereix al tipus de processament requerit". L'espai 3D format per les dimensions: competències, coneixements i demanda cognitiva és el que es fa servir per al disseny dels ítems de la prova PISA 2015. Els criteris emprats per caracteritzar la seva proposta de gradació de la demanda cognitiva són:

- El nombre i el grau de complexitat d'elements de coneixement que demana l'ítem.
- El nivell de familiaritat i de coneixement previ que els estudiants puguin tenir del contingut, el coneixement procedimental i l'epistèmic involucrats.
- L'operació cognitiva requerida per l'ítem, per exemple, recordar/evocar, analitzar, avaluar, etc.
- Fins a quin punt formular una resposta depèn de models o d'idees científiques abstractes.

A partir d'aquests criteris es construeix una taxonomia de la demanda cognitiva que recull els verbs emprats en les tasques d'avaluació de la competència científica:

- Nivell baix: dur a terme un procediment d'un pas, per exemple recordar/evocar un fet, terme, principi o concepte o bé localitzar un únic punt d'informació en un gràfic o taula.
- Nivell mitjà: utilitzar una aplicació de coneixement conceptual per descriure o explicar fenòmens, seleccionar els procediments apropiats que impliquen un o més passos, organitzar/exposar dades, interpretar o utilitzar bases de dades simples o gràfics
- Nivell alt: analitzar dades o informació complexa, sintetitzar o avaluar proves, justificar, raonar a partir de diverses fonts, desenvolupar un pla o una seqüència de passos per acostar-se a un problema

L'últim aspecte interessant del PISA 2015 relacionat amb la contextualització és la concreció que es fa sobre els nivells de gradació de la competència científica. La seva relació amb l'ús de contextos és interessant i està relacionat el nivell màxim i el mínim de la competència científica de la Taula 4. Com a novetats cal destacar la caracterització d'un nivell addicional per sota del nivell 1 (es distingeix entre 1a i 1b) i el fet que s'ha tingut en compte el marc teòric sobre demanda cognitiva discutit abans. Cal tenir en compte que el document revisat (OCDE, 2013) és només l'esborrany del marc teòric, ja que el document definitiu es publicarà després de l'anàlisi dels resultats de les proves, moment en el que és probable que es modifiquin les descripcions de la gradació dels nivells competència.

Taula 4. Descripció del nivell màxim i mínim de la competència científica. Font: OCDE (2013)

Nivell	Descripció
6	<p>Els estudiants són capaços d'utilitzar el contingut, el coneixement procedimental i epistèmic per proporcionar de manera coherent les explicacions, avaluar i dissenyar investigacions científiques i interpretar les dades en una varietat de <u>situacions de la vida complexes</u> que requereixen un alt nivell de demanda cognitiva. Poden treure conclusions apropiades d'una gamma de diferents fonts de dades complexes, en una <u>varietat de contextos</u> i donar explicacions de les relacions causals de moltes etapes. Es poden distingir sistemàticament les qüestions científiques i les no científiques, explicar els efectes de la investigació i el control de variables rellevants d'una investigació científica donada o de qualsevol disseny experimental que hagin fet. Poden transformar representacions de dades, interpretar dades complexes i demostrar la seva capacitat de fer judicis adequats sobre la fiabilitat i la precisió de qualsevol afirmació científica. En el nivell 6 els estudiants demostren de manera consistent el pensament científic avançat i el raonament que requereix l'ús de models i d'idees abstractes i utilitzen aquest tipus de raonament en <u>situacions desconegudes i complexes</u>. Poden desenvolupar arguments per criticar i avaluar les explicacions, els models, la interpretació de les dades i proposar dissenys experimentals en una sèrie de <u>contextos personals, locals i globals</u></p>
1b	<p>En el nivell 1b, els estudiants demostren una mica d'evidències per utilitzar els continguts, el coneixement procedimental i epistemològic per donar explicacions, avaluar i dissenyar investigacions científiques i interpretar les dades en poques <u>situacions de vida familiars</u> que requereixen un baix nivell de demanda cognitiva. Són capaços d'identificar patrons simples en les fonts simples de les dades en <u>pocs contextos familiars</u> i poden oferir els intents de descriure les relacions causals simples. Poden identificar la variable independent en una investigació científica donada o en un disseny propi simple. Intenten transformar i descriure dades simples i aplicar-les directament a <u>poques situacions familiars</u>.</p>

Tal i com s'observa a la Taula 4, el nivell més d'alt de competència implicar ser capaç d'aplicar el coneixement en un ventall més ampli de contextos, de diferents àmbits, que siguin poc familiars o desconeguts i complexos. Tot i que caldria concretar que s'entén per context complex, aquesta gradació ja aporta idees sobre la caracterització de la dimensió contextual que ens ajudarà a diferenciar entre transferències llunyanes i properes més endavant.

SÍNTESI

Com a síntesi d'aquest apartat, destacarem les implicacions del context i l'enfocament EBC en l'avaluació de la competència científica, que tal i com la defineix PISA està molt vinculada a l'habilitat cognitiva de la transferència. La manera com s'ha definit la competència científica porta implícit el concepte de transferència revisat a l'apartat anterior i per tant els ítems alliberats de les proves PISA poden ser un instrument de mesura de la capacitat de transferir de l'alumnat. Per altra banda, el concepte de demanda cognitiva es pot utilitzar com a punt de partida per a construir un model d'elaboració de tasques de transferència llunyanes i properes. En aquesta proposta trobem a faltar la dimensió contextual, malgrat que pisa concreta que no s'avaluen contextos, si el context dels ítems no són només un pretext, aquest ha d'afectar d'alguna manera a la dificultat per a realitzar la tasca. De fet, el grup d'experts de PISA es marca com objectiu que la dificultat de la prova no depengui del context sinó del tipus de competència i les dades analitzades per a PISA 2006 donen suport a aquesta hipòtesi (Fensham, 2009).

Com a resum, alguns dels aspectes més destacables d'aquest apartat són:

- Avaluar en context requereix concretar criteris per a triar els contextos però també justificar la tria dels continguts i competències que es volen avaluar, així com el disseny de rúbriques o xarxes sistèmiques que permetin mesurar els diferents nivells d'assoliment. En aquest sentit, els ítems alliberats de les proves PISA avaluen pocs continguts de química abstractes i a més, alguns dels textos introductoris amb informació contextual aporten informació innecessària per a resoldre la tasca.
- Si la competència científica implica aplicar coneixements en situacions del món real, sembla evident que cal impregnar tot el procés d'aprenentatge de contextos. És a dir, no n'hi ha prou amb que aquests apareguin només activitats d'aplicació.
- Els resultats globals de les proves PISA indiquen que hi ha una correlació molt positiva entre l'alumnat interessat en la ciència i l'alumnat amb més nivell de competència científica. En aquest sentit, el context ha demostrat àmpliament ser capaç de millorar l'interès de l'alumnat en la ciència i

aquesta motivació s'ha de poder aprofitar per a transformar-se en aprenentatges abstractes i transferibles.

2.6 El coneixement didàctic del contingut del professorat de ciències

El segon objectiu de la tesi pretén comparar la capacitat de transferir de grups d'alumnes amb professors diferents. Per aquest motiu, un model sobre el CDC (Coneixement Didàctic del Contingut) és una bona eina per a mesurar el grau de domini dels professors de la mostra sobre les teories didàctiques existents i sobre quines estratègies d'ensenyament i aprenentatge funcionen millor que altres. Per aquest motiu, es farà una breu revisió de recerques recents sobre el CDC, tant des de la pedagogia en general, com des de l'ensenyament de les ciències i la química en particular.

Aquest potent constructe didàctic va ser és un model per entendre com els professors nous adquireixen coneixements addicionals sobre el contingut que influeixen en la seva manera d'ensenyar-lo (Shulman, 1986). Des d'aquesta visió el CDC es pot considerar un pont entre els aspectes pedagògics i els específics del contingut a ensenyar, és de molta utilitat en recerca però també en la formació inicial i permanent del professorat i té dos aspectes clau:

- l'ús de representacions del coneixement sobre la disciplina. Aquí interpretem que és molt important adequar l'ús del llenguatge científic i la modelització a les característiques de l'alumnat.
- la comprensió de les dificultats d'aprenentatge i les concepcions i preconcepcions de l'alumnat. D'aquí destaquem l'existència de concepcions alternatives que persisteixin fins i tot després de la instrucció.

A partir d'aquesta proposta inicial del CDC, molts investigadors en educació han concretat models més acurats de com descriure el CDC del professorat. Per exemple, Magnusson, Krajcik, & Borko (1999) conceptualitzen el CDC com una barreja i transformació de diversos coneixements didàctics i la manera més efectiva d'ensenyar requereix integrar coneixements sobre el contingut disciplinar, la psicologia, la pedagogia i el context escolar, en aquest cas entenent per context la cultura del país i les característiques socials de l'alumnat.

Des de la didàctica de les ciències, s'ha investigat molt el CDC del professorat per a diferents temes de la ciència i en diferents circumstàncies escolars. A l'any 2012 es van reunir molts d'aquests investigadors de tot el món i van consensuar algunes idees sobre el CDC en l'ensenyament de les ciències. Les seves conclusions es

van fer públiques a la web: <http://pcksummit.bsccs.org/> i un dels aspectes destacables de la trobada va ser la proposta final de definició del CDC:

"És un coneixement del raonament previ, de la programació docent i la posada en pràctica de l'ensenyament d'una disciplina particular, d'una manera particular i amb un motiu particular a un grup particular d'estudiants per a millorar els seus resultats d'aprenentatge."

Recentment, també es va publicar un llibre que recull alguns articles de revisió sobre el CDC del professorat de ciències. Destaquem la proposta de Gess-Newsome (2015) en la que construeix un "model sobre les habilitats i coneixements de la professió docent" que sintetitza gran part de la recerca sobre CDC però va més enllà al relacionar-lo amb els resultats dels estudiants a través del que anomena filtres, com per exemple les creences del professorat o l'actitud de l'alumnat.

Per al cas de la química, investigadors de la Universitat Nacional Autònoma de Mèxic han publicat diverses recerques sobre el CDC de professors en relació a diferents temàtiques com: el concepte de quantitat de substància (Padilla, Ponce de León, Rembado, & Garritz, 2008), les reaccions químiques (Reyes-C & Garritz, 2006), els conceptes d'àcid i base (Alvarado et al., 2015) i l'estructura corpuscular de la matèria (Garritz & Trinidad-Velasco, 2006). La primera conclusió important que podem treure es que cada branca de coneixement té un CDC característic. De fet, l'abús de la paraula particular a la definició del "PCK summit" final d'aquesta definició ja destaca aquest fet però a més cada entorn escolar pot requerir uns o altres coneixements del CDC. Per aquest motiu, qualsevol recerca que faci servir el CDC com una eina de recollida d'informació ha d'adaptar el model als seus objectius.

Per al cas d'aquesta recerca ens caldrà identificar aquells aspectes del CDC que puguin contribuir a la capacitat de transferir de l'alumnat i cal reconèixer que deixarem molts altres elements de banda però argumentarem que els seleccionats haurien de ser els que més contribueixen al desenvolupament de la transferència. En concret, per al cas del coneixement sobre el model sobre la visió discontinua de la matèria, segons Garritz & Trinidad-Velasco (2006), serà molt important l'elaboració d'experiències de manera que ajudin a reformular les nombroses idees alternatives existents sobre aquesta temàtica i segons els marcs teòrics revisats la proposta més adient per fer-ho és l'activitat científica escolar o modelització basada en la indagació.

Com a síntesi d'aquest apartat, subratllarem tres idees clau sobre el CDC:

- El CDC entès com un integrador dels diferents rols del professor: el rol com a psicopedagog, el rol com a savi, el rol com a membre d'un equip docent i el rol com a investigador de la seva aula. Aquest enfocament

permet integrar diferents visions provinents d'àrees de coneixement sobre educació: psicologia, pedagogia, sociologia, didàctica, etc.

- El CDC entès com un integrador de les diferents evidències trobades per la recerca en didàctica de les ciències, per exemple, els aspectes revistats en aquest capítol: modelització per indagació, contextualització, regulació metacognitiva i avaluació competencial.
- El caràcter particular del CDC per a cada tipus d'alumnat i en cada disciplina i fins i tot per a cada model teòric disciplinar. Per al cas del coneixement químic, l'elevat grau d'abstracció requerirà posar l'èmfasi en alguns components del CDC que pugin promoure la progressió de l'alumnat. A més, les característiques socioculturals de l'alumnat també requerirà prioritzar alguns components del CDC per davant d'uns altres.

Capítol 3

Metodologia de la Recerca

3.1 L'enfocament metodològic general

Atès que l'educació és una ciència social, persones que estudien persones, els resultats de les recerques educatives sempre estan sotmesos a un marge de subjectivitat ineludible. De vegades es critica aquesta característica, tot menyspreant la recerca educativa perquè els resultats no són generalitzables, és a dir, el que hom ha trobat per a una determinada situació no és extrapolable a d'altres. En sentit estricte, l'afirmació anterior és certa; l'entorn, la cultura, les persones i les relacions entre elles sempre són úniques i irrepetibles. Tanmateix, en els últims 40 anys de recerca en didàctica s'ha pogut comprovar que observar i interpretar situacions educatives pot aportar molts criteris sobre com millorar la manera d'ensenyar i aprendre ciències en d'altres situacions. Evidentment, com més similars siguin aquestes altres situacions a la situació de l'estudi, més plausibles seran les extrapolacions. D'altra banda, el "mètode científic" que s'aplica a les recerques en ciències naturals tampoc és del tot objectiu, ja que tot està molt condicionat pels ulls de l'investigador i potser també els interessos econòmics de les persones i les institucions. En realitat qualsevol metodologia de recerca busca l'objectivitat, però per camins diversos, i cal reconèixer que no hi és mai del tot.

Segons Kilpatrick (1981), i simplificant molt, hi ha dos casos extrems de recerca educativa. El primer consisteix en estudiar de manera quantitativa aspectes molt concrets i simples però poc enriquidors des del punt de vista didàctic, un exemple seria: Els alumnes aprenen millor col·locats de manera individual o en parelles? El segon cas extrem consisteix en investigar de manera qualitativa aspectes més amplis i complexos de la pràctica educativa, que sí contribueixen de manera més rellevant a la teoria didàctica però que difícilment es poden demostrar mitjançant un disseny experimental que controli totes les variables: un exemple és la zona de desenvolupament proper de Vygotski, un concepte molt ric però difícilment comprovable empíricament. En resum, com més qualitativa és una recerca, més rellevants són els aspectes que es poden investigar però menys generalitzables són els resultats, i viceversa. Aquesta paradoxa entre la metodologia de recerca qualitativa i la quantitativa està molt present en tot el món, i així s'aprecia a les comunicacions dels diferents països dels congressos internacionals com ESERA (en anglès, European Science Education Research Association). Per exemple, a Alemanya predominen les recerques quantitatives i els "referees" d'aquells països ho tenen molt en compte en les seves avaluacions. Per aquest motiu, alguns autors (Luft et al., 2011) recomanen utilitzar una barreja de mètodes.

Un cop reconegut un cert grau de subjectivitat inevitable, el següent pas és fixar la manera de veure allò que s'investiga. És a dir, explicitar detalladament amb quins ulls s'observa, i amb quina manera de pensar es reflexiona sobre el que es veu, tot reconeixent el que es podrà trobar, i el que no. Aquesta manera de mirar el món és el nostre marc teòric. Segons Lincoln i Guba (1985), el paradigma interpretatiu es caracteritza per l'assumpció de cinc premisses:

1) La realitat és dinàmica i diversa. Atès que hi ha moltes variables i no es poden controlar, l'objectiu últim de la investigació passa a ser la comprensió dels fenòmens a partir de la interpretació dels discursos i les accions. Per fer-ho, s'adopta una visió holística, tenint en compte totes les variables i les seves interrelacions alhora.

2) L'investigador interacciona amb els investigats. En aquest treball és especialment evident al primer objectiu de recerca, l'investigador-professor interacciona constantment amb els participants de la recerca ja que es pretén obtenir informació sobre allò que passa de manera natural a l'aula, al llarg d'un curs.

3) El coneixement que es desenvolupa té un caràcter ideogràfic. No es persegueix generalitzar o trobar regles universals sinó comprendre les particularitats individuals i úniques de l'objecte d'estudi.

4) Interrelació entre la teoria i la pràctica. No és possible ni es pretén identificar les relacions causa-efecte que expliquen que un fenomen sigui d'una determinada manera. En molts casos es parlarà de correlacions que podran ser justificades des dels marcs teòrics de referència, però degut a la incapacitat d'establir variables dependents, independents i constants, difícilment un resultat educatiu podrà ser atribuït única i exclusivament a una determinada acció o accions.

5) L'investigador rep moltes influències. La manera de mirar i interpretar de l'investigador mai és neutral, ja que depèn del paradigma de recerca en el que es treballa, quin marc teòric guia l'anàlisi i interpretació dels resultats i quins valors formen part del context en el que es desenvolupa el treball.

El paradigma educatiu d'aquesta investigació es qualitatiu i interpretatiu i els objectius de la recerca s'han abordat, principalment, des d'aquest paradigma, tot i que per al subobjectiu 2.3 també s'ha seguit una estratègia quasiexperimental.

Aquest treball ha consistit en dos cicles recerca-acció, corresponents a dos cursos acadèmics (2012-2013 i 2013-2014) en el mateix institut i al mateix nivell, 3r d'ESO. Durant tota la recerca l'investigador i doctorand era també el professor de física i química. El primer cicle de recerca va començar amb el disseny i aplicació d'una programació contextualitzada orientada segons uns principis didàctics que eren fruit de la revisió bibliogràfica, els materials de química en context revisats, la formació didàctica del professor i l'experiència docent. Durant aquests cursos es van recollir dades sobre la capacitat de transferir i la percepció de l'alumnat d'aquesta nova metodologia a través de qüestionaris a tot l'alumnat i entrevistes a una selecció representativa d'alumnes. La interpretació d'aquests resultats va permetre concretar uns criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades i integradores que va portar a redissenyar la programació d'aula i a elaborar una nova versió que es va portar a l'aula al llarg del curs 2013-2014.

A continuació es van tornar a recollir dades però en el marc d'un estudi comparatiu de la capacitat de transferir amb grups d'alumnes d'altres instituts que haurien emprat metodologies diferents. L'estudi de la transferència s'ha centrat en la competència científica "explicar fenòmens científicament" per ser la competència més lligada a l'ús dels models teòrics de la química. No es pretenia buscar diferències estadísticament significatives o trobar una relació causa-efecte ja que el nombre de variables en joc és enorme i la mostra no és representativa. L'objectiu ha estat identificar diferències rellevants, interpretar-les i justificar-les d'acord amb els marcs teòrics sobre ensenyament i aprenentatge de les ciències adients per a assolir els objectius de recerca plantejats.

L'esquema del procés seria:

- Recerca 1: Revisió bibliogràfica, exploració de projectes de química en context i proposta inicial de criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades.
- Acció 1: Primera intervenció docent (curs 2012-2013) i recollida de dades.
- Recerca 2: Interpretació de les dades recollides durant la primera acció.
- Acció 2: Segona intervenció docent (curs 2013-2014) i estudi comparatiu.
- Recerca 3: Interpretació de les dades recollida durant la segona acció.

3.2 Evolució temporal de la investigació

Aquesta recerca s'ha dut a terme al llarg de quatre cursos.

Durant el curs 2011-2012, després de redactar el projecte de tesi es va dur a terme una revisió bibliogràfica dels marcs teòrics internacionals sobre contextualització de les ciències en general, i de la química en particular. També es va dur a terme una revisió de diferents materials didàctics contextualitzats de química, principalment llibres de text d'Anglaterra, Estats Units i Alemanya per identificar els punts forts i febles de cada projecte. També es va cursar l'assignatura "Fonaments de metodologia de recerca en didàctica de les ciències" com a complement de formació per a l'accés als estudis de doctorat sense tenir el títol de màster de recerca en didàctica. En acabar el curs es van elaborar uns primers criteris per a l'elaboració d'unitats didàctiques contextualitzades i es van justificar a partir dels marcs teòrics revisats, tal i com ens havíem proposat al primer objectiu. També es va plantejar la possibilitat de fer una recerca sobre els llibres de text contextualitzats però finalment la vam descartar perquè aquest tipus de recerques no aporten informació real dels processos que tenen lloc a l'aula, tot i que segueixen sent molt importants perquè l'ús dels llibres de text està molt estès entre el professorat.

Durant el curs 2012-2013 es va elaborar i aplicar una programació didàctica contextualitzada dissenyada per a dos grups de 3r d'ESO com a professor i investigador, tot completant el primer cicle recerca-acció. Al llarg del curs es van realitzar algunes proves escrites sobre competència científica i transferència del coneixement científic a situacions diverses. El contingut d'aquests qüestionaris va constituir el primer conjunt de dades per al subobjectiu 2.2. Durant aquest temps també es va fer una revisió bibliogràfica dels marcs teòrics existents sobre transferència que s'han discutit al capítol anterior. Per tal d'abordar el primer objectiu sobre percepció de l'alumnat es van dur a terme entrevistes semi-estructurades a una selecció representativa de l'alumnat i els criteris per a la selecció es detallaran al següent apartat. Un cop recollides les dades (transcripcions de les entrevistes) es van analitzar de manera qualitativa i es van discutir els resultats. L'anàlisi de les dades, els resultats i la discussió del primer objectiu es detallaran al capítol 4. El contingut de les respostes de l'alumnat a les proves de transferència va constituir un altre conjunt de dades a analitzar per al subobjectiu 2.2 i el fragment de l'entrevista en que es fa pensar en veu alta a l'alumnat mentre intenta realitzar una transferència llunyana (objectiu 2.1).

Durant el curs 2013-2014 es van tenir en compte els resultats del curs anterior per a modificar els criteris per a contextualitzar que ens van portar a dissenyar una nova programació didàctica que s'aplicaria a l'aula i seria l'última part del segon cicle de recerca-acció. També es van continuar aplicant proves de competència científica i transferència i es va elaborar una proposta de marc teòric sobre la transferència com habilitat cognitiva a tenir en compte durant el disseny de proves escrites d'avaluació contextualitzada i competencial. També durant aquest curs es va dissenyar una prova estàndard de competència científica amb algunes preguntes extretes de les proves PISA i d'altres creades expressament per avaluar la capacitat de transferir idees clau del model teòric sobre la visió discontinua de la matèria. Aquesta prova es va passar a vuit grups de quatre instituts diferents, un d'ells el del professor-investigador (grup experimental) i els altres tres de l'àrea metropolitana de Barcelona (grups control). Les respostes de l'alumnat a aquesta prova es van fer servir com a dades per al subobjectiu de recerca 2.3. Per tal de poder interpretar, tot i que fos parcialment, els resultats de les proves en els grups control es va dur a terme una entrevista semiestructurada amb cada professor i el contingut de les entrevistes es va analitzar per a identificar el seu grau de coneixement didàctic del contingut (CDC, en anglès Pedagogical Content Knowledge, PCK). A més, es van recollir algunes proves escrites d'avaluació del professorat que permetrien caracteritzar millor el CDC. L'anàlisi de les dades, els resultats i la discussió del segon objectiu es detallaran al capítol 5.

Durant el curs 2014-2015 es va realitzar la síntesi didàctica de la tesi, en part concretada a l'objectiu 3 que es recull al capítol 6. La discussió d'aquest capítol pot servir com a mètode de disseminació dels resultats d'aquesta recerca en el món educatiu, per exemple en activitats de formació inicial o permanent. Aquest curs es

va iniciar la redacció de la tesi i es va realitzar una segona revisió dels marcs teòrics de referència sobre educació CTS, contextualització i transferència que s'ha presentat en el capítol 2. Un dels objectius secundaris de la tesi era fer una revisió de l'estat actual de la recerca sobre contextualització i transferència per tal de publicar algun article tipus "review". Per aquest motiu, el marc teòric de la tesi és més extens del que és habitual. Després d'aquesta revisió s'han fet modificacions en l'anàlisi de les dades, que han permès refinar la discussió dels resultats i caracteritzar la contextualització i la transferència des del punt de vista de la didàctica de les ciències. Finalment, s'han elaborat les conclusions dels dos primers objectius de recerca (que són empírics) que es presenten al capítol 7, així com les implicacions educatives i personals de la recerca i les limitacions i prospectiva.

3.3 Els instruments de recollida de dades

En aquest treball s'han fet servir diferents instruments de recollida de dades i estratègies qualitatives d'anàlisi del contingut. Les dades principals per a l'anàlisi interpretatiu s'han recollit a partir de qüestionaris a l'alumnat i entrevistes a l'alumnat i el professorat, tot i que s'han tingut en compte altres informacions rellevants disponibles.

Pel que fa al tercer objectiu, que té un caràcter de síntesi i disseminació dels resultats, les dades són les discussions de resultats dels dos objectius anteriors. Per aquest motiu no hi ha instruments de recollida de dades per al tercer objectiu.

3.3.1. Instruments per al primer objectiu

Caracteritzar el treball en context i justificar criteris per a l'elaboració d'unitats didàctiques contextualitzades a partir de la percepció de l'alumnat sobre aquesta metodologia.

Pel que fa al primer objectiu de la recerca, els instruments de recollida de dades emprats varen ser entrevistes semiestructurades sobre com l'alumnat ha percebut la metodologia amb el context com a fil conductor integrador. Addicionalment, es van analitzar alguns dossiers de l'alumnat amb l'objectiu de valorar el grau d'aprofitament del les activitats de regulació metacognitiva. Així mateix, algunes informacions de primera mà com a professor també s'han tractat com a dades, ens referim a actituds i opinions de l'alumnat fruit de l'observació directa a l'aula. Per últim, el nombre d'alumnes que tenien intenció d'escollir la matèria física i química a 4t d'ESO també es va tractar com una dada rellevant que calia interpretar.

Pel que fa la selecció de l'alumnat per fer l'entrevista es van tenir en compte quatre criteris:

- Noi o noia.
- La capacitat de transferir de l'alumne; identificada a partir del promig de resultats a les activitats d'aplicació de les proves escrites, només tenint en compte si l'alumne es troba a la mitjana, per sota o per sobre.
- La intenció, o no, de cursar la matèria optativa de Física i química a 4t d'ESO que forma part dels itineraris científics i tecnològics.
- L'estil motivacional de l'alumne; identificat a partir de realitzar un breu test individual. La prova es basa en una versió modificada de la proposta de Kempa & Martín-Díaz (1990) que inclou quatre descripcions de com li agrada aprendre ciències a cada alumne. L'alumne pot triar el o els textos amb els que més identificat es sent. La prova que es va fer servir està inclosa a l'annex 3 i proposa quatre estils motivacionals: voluntariós, socialitzador, curiós i desmotivats.

A continuació es descriuen els quatre estils motivacionals identificats:

- L'alumne voluntariós és aquell que és molt curós a l'hora d'entregar les tasques i prendre apunts i que li agrada que li diguin clar que cal estudiar. Estudia molt per als exàmens i prefereix que a classe els companys no preguntin massa per evitar que ens dispersem del tema.
- L'alumne socialitzador és aquell que no li agrada el treball individual, prefereix el treball en grup, xerrar amb els companys i no li agraden les classes en les que ha de callar i només parla el professor.
- L'alumne curiós és aquell que li agrada dedicar temps a allò que li interessa i poder-ho fer al seu ritme. També li agrada aprendre pel seu compte buscant els seus propis recursos. Gaudeix innovant, fent experiments i tasques manipulatives.
- L'alumne desmotivats és aquell que al que no li semblen interessants les ciències de cap de les maneres. Es distreu fàcilment i quan intenta estudiar no es concentra. De l'escola només li agrada jugar amb els amics al pati i es pren les classes amb molta desídia.

A partir d'aquests quatre criteris es va fer la selecció dels 8 alumnes que serien entrevistats i que formen la mostra descrita a la Taula 5.

Taula 5. Característiques de la selecció d'alumnes entrevistats.

Número d'alumne	Gènere	Capacitat de transferir relativa a la mitjana	Estil motivacional (principal-secundari)	Intenció de cursar física i química a 4t
A1	noia	Per sobre	Sociable-curiós	No
A2	noi	Per sota	Desmotivatsociable	Sí
A3	noi	A la mitjana	Sociable-desmotivatsociable	Sí
A4	noi	A la mitjana	Sociable-curiós	Sí
A5	noia	Per sobre	Curiós-sociable	Sí
A6	noia	Per sota	Sociable-desmotivatsociable	Sí
A7	noia	Per sobre	Voluntariós-desmotivatsociable	Sí
A8	noia	A la mitjana	Curiós-desmotivatsociable	No

L'entrevista semiestructurada a l'alumnat es va dur a terme a final de curs, durant la setmana de recuperacions extraordinàries, per tant l'alumnat ja sabia la seva qualificació de la matèria de física i química i no sabia si el professor-entrevistador continuaria al centre. Les entrevistes les va dur a terme el professor-investigador i el temps de les entrevistes va oscil·lar entre els 33 i els 54 minuts. L'entrevista es va plantejar a partir de la següent pregunta introductòria: "Com li explicaries a un company de 2n d'ESO, com han estat les classes de física i química d'aquest curs?". Per a estructurar l'entrevista es van distingir quatre aspectes a discutir amb l'alumnat tot i que es van anar introduint de manera flexible:

- Sobre els continguts. Què li diries sobre per què li podrien servir? Són importants per aprendre ciències? Hi ha professors que opinen que aprendre ciències d'aquesta manera fa que no s'aprenquin els coneixements bàsics que serveixen per a continuar estudiant. Què en penses?

- Sobre la metodologia aplicada. Què li diries sobre com eren les classes? Com veus això de treballar a partir de contextos -fets de la vida quotidiana, que surten al diari o a la tele? Quin és el context que t'ha agradat més? Quin t'ha semblat més suggerent? I els experiments? I la teoria, com es donava? Com arribaves a les idees importants? Què haguessis canviat? Què es podria millorar? Per què? Hi ha gent que pensa que les classes fetes així són més divertides però que s'aprèn menys o es perd temps. Què en penses?
- Sobre l'avaluació. Què li diries sobre l'avaluació? Què volia comprovar que havíeu après? Com ho volia comprovar? Com eren les preguntes a l'examen? Eren similars a les d'exàmens de cursos anteriors? Quina era la diferència? Eren difícils o fàcils? Només tenia en compte l'examen per concloure el nivell del que havíeu après? En aquest apartat es va fer que l'alumnat transferís en veu alta el seu coneixement a una activitat sobre la variació de la flotabilitat d'un ou en aigua salada quan es podreix.
- Altres. Hi ha alguna cosa més que li destacaries? T'han agradat les ciències aquest any? Per què? T'agraden més, menys o igual que anys anteriors? Per què?

Pel que fa al desenvolupament de l'entrevista, en cap cas es va preguntar de manera molt directa a l'alumnat per tal d'evitar que es sentís examinat i amb poca llibertat per a dir el que pensa. Per aquest motiu, es posaven exemples en els que hagués d'opinar d'una tercera persona (hi ha professors/alumnes que pensen que...). També es va procurar que l'alumnat hagués de concretar, aclarir i exemplificar detalladament les seves opinions, per tal de facilitar la tasca d'interpretació i anàlisi.

3.3.2. Instruments per al segon objectiu

Descriure, analitzar i interpretar la capacitat de transferir coneixement químic a nous contextos per identificar els factors que la promouen o la dificulten.

- **Subobjectiu 2.1:**

Identificar els raonaments que fan servir els alumnes per a transferir a partir d'una entrevista.

- **Subobjectiu 2.2:**

Analitzar les dificultats dels alumnes sobre l'ús de les idees i el llenguatge per a transferir quan han de justificar un fenomen.

▪ **Subobjectiu 2.3:**

Comparar la capacitat de transferir i la vocació científica d'un grup d'alumnes que ha seguit un ensenyament contextualitzat i integrador amb altres grups d'alumnes i analitzar les possibles causes de les diferències identificades.

Pel que fa al segon objectiu de la recerca, els instruments de recollida de dades emprats varen ser:

- Entrevistes a l'alumnat, només la part en que l'alumnat transferia en veu alta el que havia après durant el curs a un problema complex i contextualitzat.
- Una selecció de preguntes de les proves escrites realitzades per l'alumnat del grup experimental durant 2012-2013.
- Qüestionari escrit individual sobre competència científica per a l'estudi comparatiu. S'inclou una pregunta sobre vocació científica: "Tens intenció de cursar la matèria optativa de física i química a 4t d'ESO? Per què?".
- Entrevistes semi-estructurades al professorat de l'estudi comparatiu.
- Proves escrites elaborades pel professorat de l'estudi comparatiu.

ENTREVISTES A L'ALUMNAT

Es van analitzar de manera qualitativa els fragments de les entrevistes a l'alumnat de l'objectiu anterior en que es fa pensar en veu alta mentre es realitza una activitat de transferència llunyana que requereix integrar idees de diversos models teòrics treballats durant el curs.

PREGUNTES ESCRITES SOBRE TRANSFERÈNCIA

Les activitats incloses a les proves escrites del primer cicle recerca-acció es van elaborar tenint en compte els següents criteris que provenen de la revisió del marc teòric i de l'experiència docent i didàctica:

- El context de l'activitat d'aplicació ha de ser diferent del que s'havia fet servir durant la fase d'introducció de nous continguts però els alumnes han de ser capaços de poder fer analogies entre els dos que els permetessin activar i aplicar les idees clau farien falta.
- El context de l'activitat d'aplicació ha d'estar lligat amb el model teòric de manera que calgui interpretar la informació contextual per a realitzar

l'activitat demanada. Dit d'una altra manera, el context no pot ser un simple pretext que es pot obviar per a fer la tasca.

- L'activitat no pot requerir que l'alumnat hagi de recordar informació descriptiva d'algun context però sí cal avaluar si són capaços d'identificar, recordar i aplicar idees clau de la química.

Després de fer servir aquestes activitats en proves escrites individuals es van detectar alguns aspectes addicionals a tenir en compte a l'hora d'avaluar de manera contextualitzada i competencial. La discussió sobre les característiques que ha de tenir l'avaluació competencial de la transferència i la proposta final de caracterització de la transferència es farà al capítol 6. A la Taula 6 es mostra la selecció de preguntes que s'han fet servir per al subobjectiu 2.2.

Taula 6. Preguntes seleccionades per avaluar la capacitat de transferir de l'alumnat que va aprendre a partir de contextos al llarg el curs 2012-2013.

Pregunta	Enunciat	Model teòric (idees clau)
1	Un equip de policia científica està investigant un cas d'un acte terrorista. Es sospita d'un treballador d'una fàbrica de petards. A l'escena del crim s'han trobat uns petards que emeten una llum vermella molt característica. Utilitzant el model atòmic de Bohr, respon a la pregunta: "d'on prové la llum vermella que emeten uns petards?"	Àtom (nivells electrons, transicions entre nivells, emissió i absorció d'energia)
2	Des de sempre els humans hem volgut volar. A la figura teniu un dibuix d'un dels primers globus aerostàtics que van dissenyar els germans Montgolfier a França. El cremador escalfa l'aire que està a l'interior del globus i com més calent està aquest aire, més s'eleva el globus. Fent servir el concepte de densitat explica el funcionament d'aquests globus aerostàtics.	Substància (massa, volum, densitat, flotabilitat, temperatura, dilatació)
3	La Gasolina és un líquid volàtil que fa molta olor. Utilitzeu un model per a explicar què és la olor de la gasolina i per què és tan volàtil.	Partícules (gasos, molècules, volatilitat, vaporització, unions)
4	L'empresa AIR LIQUIDE és la més gran del món en comercialització de gasos com oxigen i nitrogen per a hospitals i submarinisme. utilitza el model de partícules per a justificar perquè un augment de pressió en l'aire el pot tornar líquid.	Partícules (liquació, distribució de les partícules, pressió, xocs)
5	És molt perillós per a les persones tenir un cotxe encès en un lloc tancat com un garatge. Explicar per què fent servir idees de química treballades a classe.	Canvi químic (combustió, paper de l'oxigen, emissió de gasos, transformació)

6

Quan vareu néixer els vostres pares van plantar un arbre. En aquell moment pesava 3 kg. Ara que han passat uns 15 anys resulta que l'arbre pesa uns 35 kg. Fes una explicació detallada (6-7 línies) de l'augment de massa de l'arbre i utilitza conceptes de química que hem treballat en aquesta unitat.

Canvi químic (respiració cel·lular, transformació de les substàncies, conservació de la massa)

A continuació es relacionarà les activitats d'aula (contextos inicials) realitzades que permetien fer una analogia amb cada pregunta anterior i que haurien de facilitar la transferència de les idees clau als nous contextos indicades a través del pensament analògic i l'activació de les idees clau. Segons els marcs teòrics sobre transferència en química (Y. J. Dori & Sasson, 2013; Sasson & Dori, 2015) la similitud entre les tasques realitzades a l'aula i l'activitat que avalua la capacitat de transferir és un dels factors que determina si la transferència serà propra (tasques similars) o llunyana (tasques diferents).

- a) Es va tractar el tema dels focs artificials i com ho feien els mestres pirotècnics per obtenir llums de colors diferents. Des d'aquest context, es va dur a terme el tradicional experiment d'assaig a la flama per a comprovar que la combustió de diferents sals metàl·liques dóna lloc a colors diferents. A continuació es va construir una versió molt senzilla del model atòmic de capes que permetia interpretar l'absorció (escalfament a la flama) i l'emissió d'energia (llum de color característic) en termes de les transicions d'electrons entre nivells.



Figura 7. Alumne que investiga els colors que s'obtenen en cremar sals de diferents metalls de la taula periòdica.

- b) Es va fer un estudi de la densitat de diferents tipus de roques a partir de la pregunta de si pot existir una roca que suri en aigua. Al laboratori es va mesurar la densitat de diverses roques (pumita, granit, basalt, etc) i es van fer assajos de flotabilitat de sòlids en aigua. Tot i que és un tema que ja haurien d'haver vist a 1r d'ESO, el tractament que es fa en aquell curs és molt descriptiu i qualitatiu, mentre que a 3r es van introduir mesures experimentals, càlculs i canvis d'unitats. Una altra activitat relacionada amb la flotabilitat va ser un vídeo que explicava el funcionament dels submarins i la construcció d'una maqueta amb un globus i una ampolla que s'inflava amb una canyeta de plàstic i feia surar el submarí.



Figura 8. Foto d'uns alumnes que ensenyen orgullosos el model analògic d'un submarí que han construït.

- c) Es va fer un estudi de les propietats de les substàncies des del context de la contaminació de l'atmosfera, és a dir, quins gasos formen l'aire, quins genera l'activitat humana i quin efecte tenen sobre la salut de les persones i el medi ambient. Al laboratori van experimentar amb les propietats de l'hexà com un compost amb propietats semblants a les de la gasolina i es va mesurar el seu punt d'ebullició en comparació al de l'aigua, a la campana de gasos. També es va justificar el fet que algunes substàncies fan molta olor i d'altres no, comparant naftalina amb carboni grafit en pols, que es va associar a les partícules sòlides en suspensió (PM10) que hi ha a l'aire de les grans ciutats.



Figura 9. Alumnes que investiguen les propietats d'algunes sòlids i líquids.

- d) Es va fer un estudi de les propietats de l'aire en el mateix context de l'empresa AIR LIQUIDE en que es van fer mesures de pressió, volum i temperatura amb un xeringa i uns sensors connectats a un programa informàtic. L'objectiu va ser justificar les observacions experimentals relacionades amb les lleis dels gasos però de manera qualitativa, és a dir, per exemple raonar a partir del model de partícules perquè un augment de volum del recipient que conté un gas provoca una disminució de pressió. S'adjunta l'activitat a l'annex 1.



Figura 10. Alumnes fent servir un sensor de pressió i una xeringa per a estudiar la relació pressió-volum d'un gas.

- e) Es va fer servir una notícia sobre una mort provocada per mala combustió d'una caldera domèstica per introduir el canvi químic. Des d'aquest context, es van dur a terme experiments amb la flama d'una espelma per aprendre què és el foc, quins gasos es generen en la combustió, com es conserva la massa i com es transformen les substàncies.



Figura 11. Alumnes investigant què és el foc amb una espelma.

- f) A partir del context de la nutrició i l'alimentació, es va portar un cacahuet a l'aula i es va discutir amb l'alumnat la informació nutricional i energètica de l'etiqueta. A partir de discutir d'on prové l'energia que ens aporta el cacahuet es va aplicar el model canvi químic a l'estudi de la fotosíntesi i de la respiració cel·lular. També es va realitzar un experiment per a mesurar l'energia que conté un cacahuet fent una combustió d'aquest amb un flama i mesurant l'increment de temperatura d'un recipient amb aigua que s'escalfa amb l'energia de la combustió.



Figura 12. Alumnes investigant l'energia que s'obté en cremar un cacahuet.

Les respostes de l'alumnat a les preguntes de la Taula 6 es van analitzar de manera qualitativa. A partir d'un primer anàlisi exploratori es van identificar les categories i els nivells de gradació de cada categoria. El procés de categorització va ser discutit per dos investigadors i es va provar el seu ús fent servir tècniques de triangulació amb una mostra de les respostes. El grau de consens al que es va arribar va ser molt elevat i es van discutir aquelles respostes més conflictives fins arribar a un nou acord.

QÜESTIONARI DE L'ESTUDI COMPARATIU

Pel que fa al qüestionari de l'estudi comparatiu, (el document tal i com es va passar a l'alumnat es mostra a l'annex 6), com es pot veure a la , les sis qüestions estaven relacionades amb el model discontinu de la matèria, un dels tres models teòrics clau de la química junt amb el model substància i el model canvi químic, segons les orientacions del currículum de Generalitat de Catalunya (2009). Les

dues primeres preguntes van ser extretes dels ítems alliberats de PISA, el primer de la prova PISA del 2000 i el segon del 2006. Les altres quatre qüestions van ser elaborades seguint els criteris esmentats anteriorment.

Taula 7. Enunciats de les qüestions de la prova escrita de l'estudi comparatiu.

Pregunta	Enunciat
1	Cada dia es forma i es destrueix ozó. La tira còmica següent il·lustra la manera com es forma l'ozó. També sabem que les molècules d'ozó estan formades per tres àtoms d'oxigen mentre que les molècules d'oxigen consisteixen en dos àtoms d'oxigen. (Imatge de la tira còmica, disponible a l'annex 6). Escriviu una explicació de la tira còmica per al vostre familiar utilitzant les paraules àtoms i molècules.
2	<p>Un cuiner fa el pa barrejant farina, aigua, sal i llevat. Un cop s'ha barrejat tot, col·loca la mescla en un recipient durant unes hores perquè es produeixi el procés de la fermentació. Durant la fermentació, es produeix un canvi químic a la mescla: el llevat (un fong unicel·lular) transforma el midó i els sucres de la farina en diòxid de carboni i alcohol. Quan la mescla de pa inflada (fermentada) es cou al forn, les bombolles de gas i vapor que hi ha a la mescla es dilaten. Per què es dilaten els gasos i els vapors en escalfar-se? Raona la teva elecció.</p> <p>a) Les seves molècules es fan més grans. b) Les seves molècules es mouen més de pressa. c) Augmenta el seu nombre de molècules. d) Les seves molècules entren en col·lisió amb menys freqüència.</p>
3	Els envasos dels esprais posen a l'etiqueta que no es poden exposar a temperatures superiors a 50°C. Fes una predicció de què podria passar si s'escalfessin per sobre d'aquesta temperatura utilitzant dibuixos i explicacions fonamentades en el model de partícules.
4	La fluorita es un mineral que es dissol en aigua i fent un assaig al laboratori un company vostre ha dit que "el mineral ha desaparegut". Utilitza el model de partícules per a explicar-li què ha passat.
5	Estem investigant la flotabilitat d'un globus aerostàtic a partir de la densitat dels materials involucrats. A 25°C l'aire té una densitat de 0,001 g/cm ³ i la fusta de la cistella té una densitat de 0,9 g/cm ³ . Justifica aquests valors tan diferents de densitat a partir del model de partícules. Ajuda't de dibuixos.
6	Segons els científics, l'univers es va formar a partir d'una gran explosió anomenada Big Bang. Al poc temps d'aquesta explosió hi havia milions d'àtoms d'hidrogen a l'espai però més tard van començar a tenir lloc processos com el que es representa: (imatge de la formació d'un enllaç covalent entre dos àtoms d'hidrogen, veure l'annex 6). Explica el significat dels dibuixos i què està passant en aquest procés amb el model de partícules.

La Taula 8 mostra les característiques principals de les sis tasques del qüestionari, d'acord amb la proposta de caracterització de la transferència que es discutirà al capítol 5. El qüestionari es va realitzar durant el mes de maig de 2014, aproximadament uns tres mesos després de que el professorat tractés el tema a l'aula.

Taula 8. Descripció de les sis tasques d'avaluació de la transferència de l'estudi comparatiu.

Pregunta	Context	Idees clau del model requerides	Habilitat cognitiva
1	La capa d'ozó	Àtoms i molècules Enllaç covalent, unió entre àtoms	Descriure i justificar
2	Elaboració del pa i fermentació	Distribució de les partícules a l'estat gasós Relació entre temperatura i la velocitat de les partícules Relació entre volum i espai que ocupen les partícules Dilatació tèrmica	Justificar
3	Etiquetes dels aerosols i risc d'explosió	Distribució de les partícules a l'estat líquid Distribució de les partícules a l'estat gasós Canvi d'estat: vaporització Relació entre pressió i els xocs de les partícules Relació entre temperatura i la velocitat de les partícules	Predir i justificar
4	El mineral que desapareix en aigua	Solubilitat Distribució de les partícules a l'estat sòlid Distribució de les partícules en solució aquosa	Justificar

5	Densitat dels materials quotidians	<p>Densitat</p> <p>Interpretació de la massa com la quantitat de partícules</p> <p>Interpretació del volum com l'espai que ocupen les partícules</p> <p>Distribució de les partícules a l'estat sòlid</p> <p>Distribució de les partícules a l'estat gasós</p>	Justificar
6	Teoria del Big Bang i formació de l'univers	<p>Enllaç covalent com unió entre àtoms per compartició d'electrons</p> <p>Molècules i àtoms</p>	Descriure i justificar

D'acord amb la Taula 8, concretarem el significat dels verbs emprats a la columna sobre l'habilitat cognitiva, en ordre creixent de demanda cognitiva:

- Descriure: identificar entitats i propietats d'un sistema fent servir vocabulari propi del model teòric.
- Justificar: explicar les raons del comportament d'un sistema fent servir models teòrics de la ciència i relacionant els fets amb les idees científiques.
- Predir: Proposar raons justificades del comportament d'un sistema, per tant, inclou justificar.

Es va analitzar de manera qualitativa el contingut de les respostes de l'alumnat a les sis activitats de transferència. Atès que la mostra era molt més gran es va simplificar els sistemes de categories emprats per a les proves escrites del grup experimental. A continuació es va procedir de la mateixa manera, a partir d'un primer anàlisi exploratori es van identificar les categories i els nivells de gradació de cada categoria. El procés de categorització va ser discutit per dos investigadors i es va provar el seu ús fent servir tècniques de triangulació amb una mostra de les respostes. El grau de consens al que es va arribar va ser molt elevat i es van discutir aquelles respostes més conflictives fins arribar a un nou acord.

ENTREVISTES AL PROFESSORAT

Les entrevistes semi-estructurades als professors dels grups control tenien per objectiu caracteritzar el seu coneixement didàctic del contingut. Les entrevistes les

va dur a terme el professor-investigador i el temps invertit va oscil·lar entre els 50 i els 65 minuts. Tal i com se'ns va explicar a l'assignatura de metodologia del màster de recerca en didàctica, vam procurar que:

- Les preguntes fossin indirectes; és a dir, evitar que l'entrevista sembli un examen i fer-lo opinar d'una tercera persona, mai sobre la seva pròpia feina. Això contribueix a un clima relaxat i permet que l'entrevistat parli amb llibertat i no es freni a l'hora de comunicar determinades opinions.
- L'entrevistat hagi d'aclarir els seus comentaris per a facilitar la interpretació i anàlisi de la seva opinió. Això es va fer promovent que s'hagués de concretar més les seves opinions i obligar-lo a detallar amb exemples el seu posicionament, amb fórmules lingüístiques del tipus: "què vols dir amb això".

Per a estructurar l'entrevista es van distingir quatre aspectes a discutir amb el professors però sempre de manera oberta i flexible:

- Què ensenyar, els continguts. Preguntes sobre l'ús del llibre de text o altres materials didàctics, la selecció de les idees clau i el seu ús per a explicar fenòmens de l'entorn quotidià.
- Com ensenyar, la metodologia. Preguntes sobre la realització d'experiments, l'ús de contextos en l'ensenyament de les ciències, la relació entre els contextos i els continguts i la percepció d'emocions negatives cap a l'aprenentatge de la física i la química.
- Què i com avaluar, la regulació de l'aprenentatge. Preguntes sobre com elaborar una prova escrita, si han de recordar molta informació, com avaluar si l'alumnat ha après les idees clau de la química, com ho fas per a identificar les dificultats que té l'alumnat, quines estratègies utilitza per ajudar-los a superar-les.
- Finalment, es va preguntar al professor com creu que percep el seu alumnat la matèria de física i química; és a dir, a quants els agrada, quants l'aproven i si creu que molts la triaran a 4t quan sigui optativa.

En el cas del professor-investigador, professor dels grups experimentals de l'estudi comparatiu, la directora de la tesi i una altra persona experta en formació del professorat, van consensuar les característiques de la seva acció docent a partir d'analitzar els materials aplicats a l'aula i altres aspectes de la seva pràctica professional a partir de vídeos. Cal tenir present que el professor-investigador forma part del grup de recerca en didàctica de les ciències LIEC i té un bon coneixement de diversos camps d'investigació i innovació en aquest camp.

PROVES ESCRITES ELABORADES PEL PROFESSORAT

Adicionalment, es van recollir algunes proves escrites que el professorat va fer servir el professorat per avaluar l'aprenentatge dels models teòrics de la química.

Tal i com s'argumenta a la literatura (Avargil et al., 2012), a partir del que avalua un professor als exàmens podem extreure que és allò que ella o ell considera important que aprengui el seu alumnat, per tant, és un bon indicador d'alguns aspectes del coneixement didàctic del contingut, com per exemple, si avalua de manera competencial o reproductiva o si avalua només contingut científic, contextual o de la naturalesa de la ciència. Per aquest motiu, es van caracteritzar dos aspectes:

- el tipus de contingut que s'avaluava (descriptiu del context, coneixement teòric disciplinar o sobre naturalesa de la ciència i indagació)
- el tipus d'avaluació, d'acord amb Sanmartí & Marchán-Carvajal (2014) pot ser: simple o complexa; productiva o reproductiva; contextualitzada o descontextualitzada. Aquests tipus d'avaluació han estat discutits al marc teòric i s'hi tornarà al capítol 5 quan es caracteritzi l'avaluació de la capacitat de transferir el coneixement científic.

3.4 Descripció dels participants

En aquest apartat es descriuran les característiques dels participants en aquesta recerca de tesi, és a dir, es caracteritzaran els centres educatius, l'alumnat i el professorat.

3.4.1. Els participants del primer cicle de recerca-acció

La mostra va a estar formada per un total de 31 alumnes de 3r d'ESO de l'Institut Europa de L'Hospitalet de Llobregat investigats al llarg del curs 2012-2013. La selecció de 8 alumnes per a l'entrevista que s'ha justificat anteriorment forma part d'aquesta mostra.

Es tracta d'un institut públic al barri de Bellvitge on hi viuen famílies de classe mitjana i baixa. Els alumnes de l'institut provenen dels barris de Bellvitge i Gornal i ambdós són barris de classe obrera fortament colpejats per la crisi econòmica que va començar al 2009. Al barri hi conviuen, principalment, catalans amb orígens de fora de Catalunya, immigrants llatinoamericans i asiàtics i famílies d'ètnia gitana. Malgrat que el nivell sociocultural de la majoria de famílies del barri és mitjà-baix (segons les dades de l'institut d'estadística de Catalunya), existeixen moviments polítics i veïnals molt actius que al llarg de la història recent de L'Hospitalet han reivindicat la dignitat del barri, per exemple, evitant la construcció massiva d'edificis o lluitant per la millora dels serveis públics a la zona. El barri de Bellvitge disposa d'una oferta educativa concertada molt variada: l'escola Xaloc de l'Opus Dei que segrega l'alumnat per sexes, el prestigiós centre d'estudis Joan XXIII que segueix l'ideari de la Companyia de Jesús, el col·legi Pare Enric d'Ossó dirigit per

monges teresianes i la cooperativa laica Balmes. Tot plegat fa que les escoles i instituts públics del barri siguin la única opció per a aquelles famílies que no poden pagar una concertada o no prioritzen aquesta despesa en el pressupost familiar. Aquest aspecte genera una certa situació de marginalitat a l'escassa oferta pública del barri.

L'institut Europa té aproximadament un 40% d'alumnat nouvingut i també un nombre significatiu d'alumnes amb necessitats educatives especials de tipus social, econòmic i psíquic. Tots els grups d'alumnes són heterogenis i no existeixen aules on es segregi l'alumnat més conflictiu o amb més dificultats, tot i que si estan previstes algunes mesures d'atenció a la diversitat que fan que l'alumnat surti de l'aula ordinària per anar a grups de reforç, com per exemple l'aula d'acollida o l'aula oberta. El centre comença cap als anys 80 com una escola de primària i en arribar la LOGSE (Ley Orgánica General del Sistema Educativo) es transforma en un centre experimentador de la reforma educativa. Posteriorment, passa a ser el segon institut públic del barri però amb una relativa mala imatge per ser considerat un centre on hi van molts alumnes d'ètnia gitana i immigrants. Mentrestant, a 500 metres es troba l'institut de tota la vida (l'únic que tenia BUP i COU) i que manté una bona imatge al centre i les dades de matrícula a 1r d'ESO li són favorables. L'institut Europa té una línia de batxillerat en la que només una minoria de l'alumnat va a la universitat (per a la promoció de 2n de batxillerat del curs 2014-2015 han estat quatre alumnes), ja que molts no superen l'etapa o no es presenten a les proves d'accés a la universitat i es matriculen en un cicle formatiu de grau superior. Cal dir que un nombre elevat d'alumnat es matricula a batxillerat no tant per voluntat pròpia sinó com a segona opció després de no ser acceptats en les matrícules als cicles formatius de grau mitjà per tenir una nota massa baixa.

3.4.2. Els participants de l'estudi comparatiu

Les mostres de participants emprades en cap cas es va pretendre que fossin mostres representatives de cap població sinó que van ser mostres de conveniència, és a dir, es van triar per l'accessibilitat del professor-investigador i la voluntat dels altres professors a col·laborar en la recerca. Malgrat això, només es van considerar instituts públics de l'àrea metropolitana de Barcelona per a procurar que el nivell social i cultural de les famílies de l'alumnat fos similar, ja que és ben sabut que és un dels factors determinants de l'aprenentatge. Tanmateix, l'observació a l'aula realitzat durant l'aplicació de la prova va evidenciar que un dels instituts tenia menys alumnat amb problemàtiques socioeducatives.

L'institut Europa, descrit detalladament a l'apartat anterior, es va tractar com un grup experimental. La programació aplicada en aquest institut per a la física i química de 3r d'ESO pretenia ser integradora pel que fa al conjunt d'estratègies que s'han evidenciat com a potents en recerques en educació científica, per tant, a

més de l'ús de contextos rellevants recull una distribució equilibrada de moltes altres metodologies, com per exemple la modelització, l'avaluació competencial o la regulació metacognitiva.

Els altres tres instituts es van tractar com grups de control. De l'entrevista es dedueix que els professors no són experts en didàctica i tenen diferents anys d'experiència com a docents. Per tal de caracteritzar el seu coneixement didàctic i la seva visió de l'ensenyament de les ciències es va dur a terme una entrevista d'uns 40-60 minuts. Tots tres instituts estan situats en zones urbanes de l'àrea metropolitana de Barcelona. A continuació es farà una breu descripció comparativa dels tres instituts de control:

- L'institut B està al mateix barri que l'institut Europa i per tant el seu entorn sociocultural és similar. Tanmateix, l'institut B és el centre històric de BUP i COU i gaudeix d'un cert prestigi al barri, cosa que fa tinguin més demanda de matrícula que l'Europa. Per altra banda, els grups de 3r de l'institut B són homogenis, és a dir, el 3r A és un grup molt nombrós amb alumnat amb bon comportament i rendiment acadèmic que està orientat cap al batxillerat. Mentre que el 3r B és un grup més reduït amb alumnat de baix rendiment acadèmic, ja sigui per una manca de capacitats o de motivació, per tant aquest alumnat, si gradua, se l'orienta cap a cicles formatius de grau mitjà. La ràtio mitjana d'alumnes és aproximadament de 20 alumnes per classe.
- L'institut F està al barri del Poblenou de Barcelona i l'entorn sociocultural és mitjà-alt, en comparació al barri de Bellvitge. És un centre creat al 2006 que distribueix l'alumnat en grups heterogenis però amb una aula oberta on es concentra l'alumnat més desmotivats per l'ensenyament acadèmic. Es tracta d'un centre amb més alumnes per nivell que els altres tres però a 3r d'ESO es va optar per reduir la ràtio d'alumnes fent 4 grups de 22 alumnes, a partir de les 3 línies de 30 alumnes que tenia assignades. Cal destacar la gran preocupació i implicació de les famílies en l'educació dels seus fills, fet que contribueix a una motivació extrínseca per l'aprenentatge.
- L'institut E està al barri de Collblanc de L'Hospitalet i l'entorn sociocultural és similar al del barri de Bellvitge. Aquest centre és el que més s'assembla a l'institut Europa ja que també es tracta d'un centre situat a prop d'un centre històric de BUP i COU (per tant, al barri se'l considera de segona categoria) i acull a la majoria de nous i alumnat amb necessitats educatives específiques del barri. Els grups són heterogenis i d'uns 20 alumnes. Cal destacar l'escassa implicació de les famílies en l'educació dels seus fills per la no assistència a reunions i entrevistes amb els tutors i per no prendre mesures en casos d'indisciplina o baix rendiment acadèmic.

Una informació rellevant sobre els instituts Europa i E és que han estat catalogats per la generalitat com centres d'especial dificultat, segons la resolució ENS/906/2014, de 23 d'abril publicada al DOGC 6613. Aquests centres tenen dotacions de personal i econòmiques addicionals i el professorat que hi treballa té una puntuació addicional en l'antiguitat al centre pel que fa a concursos de trasllats.

La comparació de la renda familiar disponible mitjana (RFD) dels barris en els que es troben els quatre instituts, segons dades de l'ajuntament de Barcelona i l'ajuntament de L'Hospitalet de Llobregat, es pot relacionar amb el nivell socioeconòmic de l'alumnat. El barri del front marítim del Poblenou té una RFD de 27.500 euros/any mentre que la ciutat de L'Hospitalet té una RFD de 13.800 euros/any. Tot i que no s'han pogut trobar dades desglossades pels barris de L'Hospitalet de Llobregat, no s'espera una desviació excessivament gran de la RFD, per tant, podem concloure que les famílies de l'institut F són d'un nivell socioeconòmic superior als altres tres instituts. Aquest fet es complementa amb les dades proporcionades pel professor sobre la quantitat d'alumnat amb necessitat educatives específiques, per tant, la complexitat educativa del centre és més baixa.

La Taula 9 és un resum de les característiques dels instituts participants a partir de les dades recollides.

Taula 9. Resum de les característiques del instituts participants.

Institut	Nombre d'estudiants dels dos grups investigats	Entorn socioeconòmic del barri	Quantitat d'alumnes amb necessitats educatives especials
E*	37	mitjà-baix	Molts
B	40	mitjà-baix	Bastants però en grups homogenis
F	33	alt	Pocs
Europa*	48	mitjà-baix	Molts

* Centres catalogats com de màxima complexitat.

Pel que fa al professorat, la Taula 10 recull informació dels professors dels grups investigats.

Taula 10. Dades sobre el professorat participant en la recerca.

Institut del professor/a	Edat	Titulació acadèmica	Cursos impartits	Anys d'experiència docent
E	47	Llicenciada en biologia	Física i química a 3r i 4t d'ESO Biologia al batxillerat	21
B	51	Llicenciat en química	Física i química a 3r i 4t d'ESO Física al batxillerat	28
F	31	Llicenciat en química	Física i química a 2n i 3r d'ESO ciències per al món contemporani al batxillerat	6
Europa	32	Llicenciat en química Estudis de doctorat en didàctica de les ciències	Física i química a 3r i 4t d'ESO Química al batxillerat	7

3.5 Proposta inicial de criteris per a l'EBC a partir dels referents teòrics

En aquest apartat es presentarà una proposta inicial de criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades que es va emprar per a l'acció docent del

curs 2012-2013 amb l'alumnat de 3r d'ESO. Per tal d'elaborar-la es van tenir en compte les fonts d'informació següents:

- Revisió dels articles de recerca del marc teòric, que es podien classificar en tres tipus (Ültay & Çalık, 2011): recerques empíriques sobre millores en la motivació i l'aprenentatge, recerques teòriques amb reflexions sobre l'ús de contextos per aprendre ciències i recerques basades en el disseny curricular i d'unitats didàctiques.
- Les discussions sobre els avantatges i les dificultats de contextualitzar la ciència realitzades a les reunions mensuals del grup de recerca LIEC (Llenguatge i ensenyament de les ciències) de la Universitat Autònoma de Barcelona. El grup està format per investigadors en didàctica de les ciències, professors de secundària, mestres de primària i divulgadors de la ciència. Cal destacar que va ser molt útil el cicle de xerrades que es va fer en el grup, en que es van presentar visions del context des d'altres ciències socials com la filologia (Juli Palou), la filosofia (Anna Estany) o la psicologia (Carles Monereo).
- L'experiència del professor-investigador com a membre del grup de treball de química en context del CESIRE-CDEC. Els membres d'aquest grup fan modificacions del projecte Química Salters (Bennett & Lubben, 2006) de manera que s'adeqüi al currículum de química de 1r i 2n de batxillerat a Catalunya. Actualment es disposa de materials didàctics digitals elaborats en format de web interactiva amb el programa "Exelearning" i aquests s'estan experimentant en alguns centres de Catalunya Els materials estan disponibles a la web del projecte:

<https://sites.google.com/a/xtec.cat/quimica-en-context/>

- Revisió dels llibres de text i altres materials disponibles dels projectes de química en context de la Taula 2 (Capítol 2).

Tenint en compte tota la informació es van identificar quatre criteris importants a analitzar pel que fa al desenvolupament de la competència científica a través de l'EBC: 1) Les característiques dels contextos; 2) La significativitat científica; 3) La connexió entre els contextos i les idees científiques; 4) La potenciació de la transferència. La

Taula 11 mostra un resum dels 4 criteris a tenir en compte per al disseny d'activitats contextualitzades. Tenint en compte aquests quatre criteris es va dur a terme un estudi de caire comparatiu i exploratori d'alguns projectes de química en context. Cal tenir present que l'estudi de llibres de text i altres materials té la limitació de no representar fidelment la manera de portar-los a l'aula. Malgrat això,

vam valorar el grau d'ajustament a cada criteri dels diferents projectes i es destaquen les següents aportacions:

1. Característiques dels contextos. És l'aspecte més ben resolt dels projectes. S'utilitzen contextos rellevants, tant pel que fa a la vida personal d'alumnes de 15-16 anys com pel que fa a la importància de la situació plantejada per a la societat. També cal destacar que les situacions contextualitzades que utilitzen són molt reals i properes a la vida quotidiana d'un adolescent.
2. Significativitat científica i activitat científica escolar. Els projectes solen distingir les activitats que treballen idees científiques de la química com a disciplina (conceptes, lleis, teories, models) i les que treballen idees supradisciplinars (mètode científic, indagació, recerca). Moltes activitats experimentals es fan com a presentació inicial o aplicació final dels conceptes. S'han trobat poques activitats de regulació metacognitiva. En alguns casos només es fa un estudi descriptiu del context i no s'aprofundeix en el model teòric que hi ha al darrera, sobretot quan es tracta d'un curs de ciències obligatori per a tothom. És a dir, es renuncia a que la ciència per a tothom inclogui idees científiques potents dels models teòrics clau de la ciència. L'objectiu sembla ser frenar l'abandonament de la branca científica quan aquesta esdevé optativa, és el cas d'un dels objectius principals del projecte "Twenty First Century Science" d'Anglaterra (Millar, 2006).
3. Need-to-know principle. En alguns casos els conceptes apareixen molt lligats als contextos que guien cada unitat. Però en d'altres, el context només representa un paràgraf inicial aïllat, per a després passar a un ensenyament tradicional (definicions i explicacions abstractes de les idees del model teòric). En altres casos, el context apareix com una activitat d'aplicació al final de la unitat o és una simple anècdota en forma de quadre de text incrustat entre les explicacions teòriques. Aquestes últimes opcions no estan d'acord amb el criteri del "need-to-know" que es recomana a la literatura (Pilot & Bulte, 2006a), segons el qual la situació rellevant ha de constituir el fil conductor a partir del qual van apareixent els conceptes necessaris per a entendre'l o per resoldre la situació, alhora que els alumnes van construint coneixement però només l' estrictament necessari per aquella situació.
4. Potenciació de la transferència. És probablement el punt més feble dels projectes. Els llibres inclouen poques activitats en què es demani a l'alumne que apliqui allò après a un altre context nou. Un dels riscos del treball en context que es comenta a la literatura (King, 2012) és que molts alumnes només atribueixen significat als conceptes en el context en què

van ser apresos. Per tal d'evitar aquest problema que clarament dificulta la capacitat de transferir, és molt convenient promoure l'ús dels models teòrics en una diversitat de contextos prou àmplia com perquè l'alumne desenvolupi la capacitat d'utilitzar el coneixement abstracte en situacions diverses. Aquesta estratègia de diversificació de contextos explicita la universalitat i el potencial predictiu i explicatiu dels models teòrics clau de la ciència. Per exemple, el model canvi químic tant pot servir per a explicar fenòmens a l'univers, com al cos humà, al medi ambient o a la indústria.

Taula 11. Primera proposta de criteris per a l'elaboració de materials d'EBC.

Criteri	Descripció
1- Les característiques dels contextos	Els contextos han de basar-se en situacions reals o versemblants amb rellevància personal, social i vocacional, present o futura (Stuckey et al., 2013). També convé que tinguin sentit per a l'alumnat a qui estan dirigits perquè siguin del seu entorn proper. Caldrà considerar les inquietuds i les característiques socioculturals de l'alumnat a una edat determinada així com ser conscients de les diferències de gènere.
2- Significativitat científica i activitat científica escolar	El context no serveix només per a motivar inicialment a l'alumnat o per a aplicar el coneixement al final d'una unitat. El context té molt de potencial per a construir idees de ciència (organitzades en models teòrics clau de la ciència amb elevada capacitat interpretativa, explicativa i predictiva), i idees sobre la ciència (com es genera, organitza i evoluciona el coneixement científic) a mesura que s'estudia la situació d'interès. Aquesta construcció de coneixement és òptima quan queda emmarcada en una activitat científica escolar (Mercè Izquierdo et al., 1999) que implica una coherent relació entre el fer (experimentar el coneixement), el pensar (estructurar el coneixement) i el comunicar (expressar el coneixement de manera multimodal).
3- Connexió entre els contextos i les idees científiques	El "need-to-know principle" (Pilot & Bulte, 2006b), el context ha de generar en els estudiants la necessitat de saber més ciència per a poder entendre millor algun aspecte d'aquest. Aquesta estratègia legitima la introducció de noves idees científiques a partir de la reformulació de les concepcions

	alternatives. Una opció per a fer més explícita aquesta connexió és compartir amb l'alumnat els objectius d'aprenentatge en forma de preguntes-guia que connecten aspectes del context amb idees clau del model teòric que es vol introduir.
4- Potenciació de la transferència	La seqüència didàctica ha d'incloure activitats d'aplicació dels models teòrics en contextos diferents al que ha permès la seva construcció (Bassok & Holyoak, 1989; Fensham, 2009). Cada context ha de permetre ampliar algun aspecte del model teòric de manera que es vagi progressant en la seva construcció a partir del coneixement previ de l'alumnat de cursos anteriors. El fet d'emprar una diversitat de contextos al voltant d'un mateix model teòric (contextualitzar + modelitzar) pot afavorir la capacitat de transferir de l'alumnat.

Pel que fa a la seqüenciació, la hipòtesi de treball que proposem es basa en distingir tres estratègies clau: contextualitzar, descontextualitzar i recontextualitzar que poden contribuir al desenvolupament de la capacitat de transferir, segons Litwin (2008):

"Contextualizar, descontextualizar y recontextualizar se transforman casi de manera inconsciente en un ejercicio crítico importante para reconocer si una experiencia puede confirmar nuevamente el valor que tuvo antaño en las nuevas realidades."

A continuació concretarem que s'entén amb aquestes tres termes en l'EBC per a l'ensenyament de les ciències:

1. Contextualitzar: estudiar situacions rellevants personalment, socialment i vocacionalment per a fer emergir les idees prèvies i legitimar la necessitat d'introduir nous conceptes per a saber més del context o resoldre alguna problemàtica relacionada amb aquest. Els contextos escollits han de ser diversos, interdisciplinaris, reals o versemblants i presentar-los de manera que tinguin sentit per a l'alumnat.
2. Descontextualitzar: el context ha de permetre reconstruir amb l'alumnat idees clau de la ciència que s'han de relacionar i estructurar-les com un model teòric significatiu de la ciència. És a dir, caldrà focalitzar la mirada en un aspecte concret del context, atès que aquest pot arribar a ser enorme i inabordable. Les activitats de síntesi seran especialment importants i caldrà relacionar aquest model teòric amb altres models teòrics de la mateixa o d'altres disciplines (científiques o no), així com interrelacionar i jerarquitzar les diferents idees científiques connectades amb experiències personals i de laboratori. Cal tenir present també l'aprenentatge de les idees clau relacionades amb la naturalesa de la

ciència (com la ciència sap el que sap) i organitzar oportunitats perquè l'alumnat comuniqui els resultats d'experiments indagatius i els argumenti en base a evidències recollides.

3. Recontextualitzar: un cop construït el model teòric cal avaluar la capacitat d'aplicar-lo a nous contextos (transferència), és a dir, cal avaluar l'alumnat de manera competencial i productiva, a partir de la realització d'activitats d'aplicació del model teòric construït a noves situacions amb les mateixes característiques que els contextos inicials d'aprenentatge. Atès que l'alumnat presentarà moltes dificultats, en aquesta fase seran molt importants les activitats de regulació metacognitiva.

La Figura 13 mostra gràficament un exemple d'aquestes tres etapes. En aquest cas el model teòric que es volia aprendre és el de l'estructura atòmica. Un context rellevant que es pot fer servir per a introduir les idees clau d'aquest model és la radioteràpia. A partir de fer pensar a l'alumnat en la següent pregunta: "Com es generen les radiacions que poden curar el càncer?" (contextualitzar). Després hauríem de portar l'alumnat cap a l'estudi de l'estructura interna del nucli, els tipus de nucleons, les forces nuclears i els tipus de radioactivitat (descontextualitzar). Finalment, per tal de potenciar la capacitat de transferir aquest model teòric cal anar més enllà del context de la radioteràpia i es treballaria amb l'alumnat un altre context: l'energia nuclear (recontextualitzar). En aquesta nova situació, també molt rellevant i significativa per a l'alumnat, s'empraria el model d'estructura atòmica après per a justificar la gran quantitat d'energia generada en una central nuclear, així com els riscos dels residus radioactius, fet que ens porta a relacionar-ho amb el model ésser viu i les mutacions de l'ADN. La descripció detallada d'aquesta proposta didàctica es pot trobar a l'article de l'annex 8 a la revista *Educación Química*, Marchán-Carvajal & Sanmartí (2015). A la Taula 12 es mostren els subcontextos que es van fer servir, les preguntes guia de cadascun d'ells i les idees clau del model teòric que estaven relacionades amb cada pregunta-guia.



Figura 13. Exemple visual de la seqüenciació de la primera proposta per a l'EBC.
Font: pròpia.

Taula 12. Descripció detallada de la unitat didàctica sobre radiacions i estructura atòmica.

Subcontext	Pregunta-guia	Idea clau del model
Càncer i radioteràpia	D'on surt la radioactivitat que pot curar el càncer?	El nucli d'un àtom concentra la majoria de la massa en una part molt petita de l'àtom. Els electrons es mouen al voltant del nucli ocupant la resta del volum.
Radioactivitat, bona o dolenta?	Quins àtoms són radioactius? Per què?	Alguns nuclis són estables però d'altres es desintegren emetent radiacions alfa, beta i gamma. L'estabilitat nuclear depèn de la intensitat de la força nuclear que uneix els protons i els neutrons.
Àtoms a l'univers, a la Terra i al cos humà	Quants "tipus" d'àtoms diferents es coneixen i on els trobem?	El àtoms d'un element es caracteritzen per tenir el mateix nombre de protons (Z) al nucli. La taula periòdica organitza tots els àtoms coneguts amb diferent nombre atòmic.
Datació amb carboni 14	Com es pot saber l'antiguitat d'una mostra arqueològica?	Els isòtops són àtoms d'un mateix element químic amb diferent nombre de neutrons al nucli.
Nuclears, sí o no?	Com es genera l'energia en una central nuclear? I en una estrella?	Les reaccions nuclears de fusió (unió d'àtoms) i fissió (fragmentar un àtom) desprenen molta energia.
Focs artificials	Com es produeixen les llums de colors dels focs artificials?	Els electrons es distribueixen en nivells i poden canviar de capa intercanviant energia amb l'entorn.

Aquesta organització basada en una temàtica global i una selecció de subcontextos es va seguir per a les sis unitats didàctiques que es van aplicar al llarg del curs. A la Taula 13 es resumeixen els contextos i els models teòrics que es van treballar a les unitats didàctiques.

Taula 13. Unitats didàctiques contextualitzades per al curs 2012-2013.

Número	Títol	Alguns subcontextos	Models tèorics (algunes idees clau)
1	Materials del present i del futur	Materials quotidians Nous materials Reciclatge Síntesi de nous materials	Substància (propietats generals (massa, volum) i específiques (densitat), elements i compostos Canvi químic (transformació, noves substàncies i noves propietats)
2	Tractaments de l'aigua i mescles	Depuradores Dessaladores Potabilitzadores Rius, llacs, mars, oceans	Substància (tipus de mescles, mètodes de separació, concentració) Partícules (mescla VS compost, estat líquid)
3	Atmosfera, salut i partícules	Components i contaminants de l'aire Geosfera, roques i minerals	Partícules (estats físics, relacions pressió, volum, temperatura, Àtoms, ions i molècules, fórmules químiques)
4	Foc i reaccions químiques	Calderes domèstiques Què és el foc? Bombers Combustions	Canvi químic (energia, partícules, conservació de la massa, equació química, proporcionalitat)
5	Radiacions i estructura atòmica	(Veure la Taula 12)	(Veure la Taula 12)
6	Llamps, tempestes i electricitat	Llamps Centrals elèctriques Electrodomèstics	Electromagnetisme (electrostàtica, corrent elèctric, voltatge, intensitat, fonts d'energia elèctrica)

Capítol 4

Resultats i discussió del primer objectiu

4.1 Introducció

El primer objectiu de la recerca està centrat en investigar l'enfocament de l'EBC, tant per a aprofitar al màxim les seves potencialitats com per a identificar les seves problemàtiques i explorar si són superables, sempre en relació als reptes de l'educació científica plantejats al primer capítol.

Objectiu 1:

Anàlitzar potencialitats i problemàtiques del treball en context a partir de la percepció de l'alumnat sobre aquesta metodologia.

Primerament es va dur a terme una revisió de la literatura i de projectes en context per a elaborar la primera proposta de criteris per a elaborar materials didàctics contextualitzats que s'ha discutit al capítol de metodologia. A continuació, es va aplicar a l'aula la metodologia i a final de curs es van recollir les percepcions de l'alumnat sobre aquesta. L'instrument de recollida de dades per a aquest objectiu va ser la realització d'una entrevista semiestructurada a una selecció representativa d'alumnes. La transcripció analitzada de les entrevistes està disponible a l'annex 4.

4.2 L'anàlisi de les dades

Les dades emprades per abordar aquest objectiu van ser les transcripcions de les entrevistes semiestructurades als 8 alumnes seleccionats. Tot i que també s'han tingut en compte alguns comentaris en situacions d'aula o observacions del professor sobre les dificultats que presentava l'alumnat i l'actitud d'aquest envers la matèria quan es feia servir la metodologia contextualitzada a l'aula.

Les opinions dels estudiants sobre com s'havia treballat aquest curs (en comparació amb els anteriors) es van organitzar en tres grups de categories que es van correlacionar amb els principis emprats en el disseny de la programació d'aula. La descripció de cada categoria es troba a la Taula 14. El procés d'anàlisi va ser inductiu, en una primera lectura de les transcripcions es van anar marcant aquelles informacions rellevants per al subobjectiu de recerca. Amb això vam obtenir un primer llistat d'opinions significatives i a continuació es van comparar les diferents opinions per veure si tractaven el mateix aspecte, per tal d'agrupar les que comunicaven una idea similar. Finalment, es van identificar deu categories d'opinions de l'alumnat que contribuïen a percebre com l'alumnat havia viscut el treball en context durant aquell curs.

Taula 14. Sistema de categories per a l'anàlisi de les entrevistes a l'alumnat.

Núm.	Categoria	Descripció
1	Actitud davant l'assignatura	Valoracions sobre l'interès i motivació envers l'assignatura en general
2	Diversitat i rellevància de contextos	Valoració de la rellevància dels contextos estudiats
3	Connexió amb la vida real	Connexió del que s'ha treballat a l'aula amb aspectes quotidians o propers a les vivències personals de l'alumnat
4	Percepció sobre el plaer del propi aprenentatge	Valoració sobre la quantitat i qualitat de l'aprenentatge i emocions associades a la capacitat d'explicar o predir fenòmens naturals quotidians
5	Avaluació per transferència	Valoració de l'estil de las preguntes utilitzades a les proves escrites
6	Els mètodes d'ensenyament	Valoració de la diversitat d'activitats: experiments, vídeos, simulacions, etc
7	Autoavaluació i coavaluació	Valoració de les activitats de co/auto avaluació sobre els seus errors a les proves escrites
8	Compartir els objectius d'aprenentatge a través del context	Valoració de les preguntes inicials del context que guien la seqüenciació dels continguts
9	La necessitat d'aprendre idees de	Valoració de la importància d'aprendre idees

	ciències	científiques abstractes
10	L'estil i la manera de fer del docent	Valoració d'aspectes del caràcter o manera d'ensenyar del professor

4.3 La discussió dels resultats

En aquest apartat es discutiran les dades analitzades. Des de la

Taula 15 fins a la Taula 24 es mostren exemples significatius de frases extretes de les entrevistes per a exemplificar cada categoria i per a cada alumne. La discussió dels resultats es farà, primer a partir de les dades per a cada categoria d'anàlisi de les percepcions de l'alumnat; i en segon lloc es farà un anàlisi transversal que tindrà en compte les característiques de l'alumnat seleccionat pel que fa al gènere, la seva capacitat de transferir, el seu estil motivacional i la intenció de cursar física i química el curs següent.

4.3.1. Discussió per categories

D'acord amb les dades analitzades i la proposta de criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades de l'objectiu 1, podem deduir algunes contribucions del treball en context a l'educació científica pel que fa a cadascuna de les categories de l'anàlisi:

1. Actitud davant l'assignatura

Taula 15. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 1.

Alumne	Opinions sobre la categoria 1 - Actitud davant l'assignatura
A1	es el primer año que me gustan las ciencias
A2	me ha gustado más naturales que los años anteriores
A3	siempre me ha gustao naturales (...) este año me ha gustado porque he aprendido cosas, experimentos, cosas que no sabia

A4	quieres que ya llegue la próxima clase, porque nos quedamos en esto y te acuerdas porque te lo has pasao bien, en años anteriores hacia naturales, y me dormia
A5	(la assignatura) es interesante, si no conoces el mundo en el que vives es un poco.. no se, es como si no te conocieses a ti mismo
A6	me gusta, desde principio de curso, todo es interesante
A7	se pasa rápido la clase, es divertida, Me gusta mas que los años anteriores, porque no ponían el contexto, era todo de golpe y entonces te lias
A8	es el primer año que me gusta naturales, la manera como lo explica el profe, eran muy diferentes a otros años, había buen rollo en clase , no era todo estudiar, podías preguntar

Tots els alumnes entrevistats han destacat que els ha agradat l'assignatura, en alguns casos les ciències naturals sempre els han agradat, però en d'altres és significatiu el fet que és el primer cop que els agraden les ciències naturals (A2, A7, A8). En cap cas dels entrevistats (ni tampoc ens consta dels que no van ser entrevistats) es van percebre emocions negatives cap a la física o la química, com les descrites per Costillo et al. (2013).

Tot i que en la valoració de l'assignatura que fan els nois i noies influeixen moltes variables relacionades tant amb la metodologia didàctica aplicada pel professor com amb el seu estil comunicatiu (veure l'anàlisi de la categoria 10), de les seves expressions en les entrevistes deduïm que l'ús de contextos ha jugat un paper important en l'emissió d'opinions favorables (alumne A7). Els estudiants incideixen en l'interès que els ha despertat l'assignatura i cal destacar com A5 ho argumenta fent referència a que conèixer el món és conèixer-se a un mateix.

Aquest interès i motivació per les ciències a través de l'EBC està d'acord amb les nombroses recerques realitzades en aquest àmbit (King, 2012; Overman et al., 2014; Ültay & Çalık, 2011). Les percepcions recollides en aquesta recerca a través de les entrevistes concorden amb els resultats de l'avaluació del projecte "Chemistry in the community" (Schwartz, 2006). En especial, una dada que recull aquest estudi és l'increment de la quantitat d'estudiants que optaven per la química quan aquesta era optativa, que va passar del 32 al 62% d'estudiants. En el cas de la nostra mostra, el nombre d'estudiants que va triar l'assignatura optativa de física

i química a 4t va passar del 52 % el curs anterior al 82%. Cal dir que el professor del curs anterior era un altre, però també que l'alumnat no sabia quin professor tindria el curs següent. Aquest resultat suggereix que una gran part de l'alumnat va considerar útil l'assignatura per al seu futur professional.

En resum, destacaríem que l'EBC pot ser una eina potent per afrontar el descens en interès per les ciències al batxillerat (Ametlla, 2003), fet que és especialment notori per al cas de la química, que molt sovint és percebuda com una assignatura que s'ha d'escollir obligatòriament (un "mal necessari") per accedir a estudis que són molt demandats per l'alumnat més brillant, com és el cas de medicina (Gilbert, 2006) o algunes enginyeries, però que no hi veuen l'interès ni el sentit.

2. Diversitat de contextos

Taula 16. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 2.

Alumne	Opinions sobre la categoria 2 - Diversitat i rellevància dels contextos
A1	se trata de ponerlo en práctica en la vida cotidiana
A2	para entender mejor el tema, como lo de la electrólisis, obtener hidrógeno a partir de electricidad
A3	por si trabaja en una empresa sobre estos experimentos (fabricació de clor) que no le pille tan verde
A4	la otra vez salió en las noticias lo de la caldera y se lo explique a la mama (...) lo de la aurora boreal, quiero ir a Canadá para verlas
A5	aprender algo como los enlaces, eso creo que lo aprendí muy bien con el contexto que nos pusiste
A6	los gases tóxicos, tienes que saber cuáles son malos y cuáles son buenos. Te va a servir porque aprendes más
A7	para aprender es importante, saber para qué sirve, y ayuda a que se aprenda mejor

A8 si estás en la cocina alomejor unos no se pueden mezclar con otros porque va a pasar algo y es mejor saberlo como lo del sulfamán

Aquestes dades reforcen el plantejament d'utilitzar contextos diversos que s'ha justificat a la primera proposta de criteris per a l'EBC. Destaquem l'opinió d'A7 sobre la importància de la funcionalitat d'allò que s'aprèn o el comentari emotiu sobre l'explicació a un familiar de que allò que s'ha treballat a classe s'està comentant a les notícies i entre els familiars (alumne A4). Malgrat això, diversificar tant els contextos pot fer que cada idea clau només signi significativa en el context en el que es va resoldre el problema que la requeria o bé que l'alumnat es quedi en la informació concreta i no en la idea abstracta més general. Per aquest motiu, seran molt importants les activitats de síntesi i recontextualització que discutirem més endavant.

Un dels aspectes a destacar de la proposta d'EBC investigada és la importància de la diversitat de contextos en diferents àmbits (personal, local, global) i àrees d'aplicació (salut, medi ambient, etc), que mostrava la Figura 6 (OCDE, 2013). Alguns dels projectes de química contextualitzats revisats introdueixen les idees clau a partir d'un únic context i no tornen a ser emprades en d'altres contextos. En d'altres passa tot el contrari perquè es treballa amb un currículum en espiral. Els referents teòrics de la literatura sobre context argumenten la necessitat d'emprar diversos contextos al voltant d'un mateix model teòric per dos motius: 1) per atendre la diversitat d'interessos i arribar a una major quantitat d'alumnes, superant per exemple qüestions de gènere (Tsai, 2000); 2) per promoure la capacitat d'aplicar aquests models teòrics en situacions diverses, ja que segons Bassok & Holyoak (1989) la diversitat de situacions estudiades promou la transferència, sempre i quan es promogui el pas a l'abstracció d'idees generals i no ens quedem només en situacions concretes. L'altre característica important pel que fa a selecció de contextos és la seva rellevància present i futura; a partir del model de Stuckey et al. (2013) es distingeixen tres dimensions: la rellevància personal (quan A8 parla de la cuina), la social (quan A4 comenta que el que s'ha fet a classe apareix a les notícies) i la vocacional (quan A3 valora la utilitat en el seu futur com a possible treballador d'una empresa).

En resum, la diversitat de contextos és un aspecte important però procurant que l'alumnat no es quedi en allò concret sinó promovent el pas a les idees abstractes que són aplicables a d'altres contextos. Pel que fa a la selecció dels contextos, cal triar aquells que tinguin sentit per a l'alumnat ja sigui perquè s'apliquen a la vida real o perquè formen part del bagatge cultural de la humanitat, tot i que, en entorns socialment desafavorits els referents culturals són escassos i és més difícil aconseguir que aquestes qüestions siguin significatives per a l'alumnat.

3. Connexió amb la vida real

Taula 17. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 3.

Alumne	Opinions sobre la categoria 3 - Connexió amb la vida real
A1	cuando los conceptos salen de contextos de la vida real quedan más grabados en tu memoria
A2	eso que dice que si se mezcla sulfumán y lejía explota, saber eso sí, pero saber la tabla periódica no, no sale mucho en la vida cotidiana
A3	hay unas asignaturas que no tienen nada que decirte sobre la vida real
A4	aprendes sobre en que cosas vives, todo va sobre eso, que comes, en que duermes, con que te vistes, que tiene tu cuerpo
A5	situaciones cotidianas, a la vista son muy normales, pero cuando las miras de cerca no sabes muy bien porque pasan
A6	(sobre quin context et va agradar) el del cacahuete porque no sabía que venía de una planta, me llamo mucho la atención
A7	hoy en día el mundo está... tiene cosas de ciencias, cualquier cosa, como por ejemplo un ordenador, tecnologías, por la cocina (...) sinó piensas si esto no me a servir para después mi vida laboral y eso, para que lo voy a aprender
A8	(sobre el més important de les classes) asociarlo con algo de la vida real

Tots els alumnes entrevistats van valorar molt positivament el fet d'emprar situacions quotidianes o de la vida real, fet que concorda amb altres estudis sobre motivació i interès (Campbell & Lubben, 2000; D. King & Ritchie, 2012). El fet de comparar amb altres matèries porta a A3 a afirmar que moltes assignatures no et

diuen res sobre la vida real, i en concret destaquen el cas de les matemàtiques i la incapacitat del seu professor per respondre a la pregunta "i això de què serveix". De manera general, amb l'EBC, aquesta pregunta no apareix en el discurs d'aula perquè el context explicita la funcionalitat dels aprenentatges en la vida present i futura (Catalunya, 2009). Tanmateix, resulta difícil aconseguir que tots els continguts del currículum quedin fortament lligats als contextos, és a dir, que es compleixi el "need-to-know principle" per a totes les idees clau, tal i com destaca A2 quan afirma que la taula periòdica no està molt relacionada amb la vida quotidiana. Certament, aquesta idea clau va ser introduïda d'una manera més formal a partir de l'estructura atòmica i el context de la radioteràpia. Probablement, un context més adient hagués estat fer-ho a partir de la presència dels elements químics a l'univers, al planeta Terra, als aliments o al cos humà, tal i com proposen altres projectes (Bennett & Lubben, 2006). Estem d'acord amb Kortland (2007) quan afirma que molt sovint, algunes idees clau s'acaben introduint desconnectades del context d'aprenentatge, ja sigui per la necessitat o voluntat de cobrir els densos currículums o per donar coherència al model teòric amb el temps limitat de què es disposa.

Finalment, sembla important destacar la percepció de A1, que també han expressat altres alumnes en entrevistes o a l'aula, sobre el fet que allò que s'ha treballat a partir de situacions de la vida real queda molt més ancorat a la seva memòria. Aquest resultat l'interpretem com a la recerca de Burgoa (2014) que argumenta que més que activar el model teòric, l'alumnat activa situacions d'aprenentatge amb frases com "és com allò de...". Ambdós resultats es poden relacionar amb les teories cognitives recents sobre aprenentatge situat (Greeno, 1998) que són molt utilitzades en els estudis sobre context en psicologia i pedagogia. A més, cal dir que la contextualització s'ha fet sense renunciar a l'aprenentatge de les idees científiques abstractes dels models teòrics de la química.

4. Percepció sobre el plaer del propi aprenentatge

Taula 18. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 4.

Alumne	Opinions sobre la categoria 4 - Percepció del propi aprenentatge
A1	(en otras asignaturas) solo te explican, abres un libro, haces deberes y te ponen un examen, al fin y al cabo acabo aprendiendo menos
A2	aprendes más en las clases divertidas, resulta divertido participar en clase y aportar cosas, los alumnos más desmotivados se engancharán más
A3	mola, porque sabes como explicarlo con tus palabras y que te entiendan claro (...) Solo apruebo educación física y física y química porque son las que más me gustan y me interesan
A4	necesitas tiempo para sacar la historia de qué ha pasado (es refereix al context), pero para mi, se aprende mucho más
A5	(amb el context) yo creo que cuesta menos porque hace que preguntes porque pasa esto, ya te entra el gusanillo, las ganas, de saber porque pasa
A6	lo de las auroras boreales, no sabia que era verdad, hasta que lo vi contigo, me ha gustado saber por qué pasan y por qué solo en un sitio y no en todo el planeta
A7	yo así (amb contextos) aprendo más, porque a base de eso voy a poder entender de mi vida del día a día (...) molan mucho, porque ves como se puede hacer hidrógeno, o cloro, lejía, cosas que utilizamos día a día
A8	básicamente se te queda, se te queda lo que has hecho, no se te olvida (...) cuando entiendes algo te da placer saber qué es eso, entonces me fijaba mas en las cosas

Els alumnes A1, A2, A4 i A7 van destacar que aquest curs havien après més que en els anys anteriors, pel que fa a ciències naturals. Cal destacar que des del punt de vista del tipus de continguts treballats (contextuals, models teòrics i de

naturalesa de la ciència) és estrictament cert però també pel que fa a la rellevància personal, social i vocacional dels propis continguts (Stuckey et al., 2013). Aquest fet pot portar a una sensació de major aprenentatge degut a que s'han explicat les connexions entre els continguts de química i la vida quotidiana del dia a dia de l'alumnat, tal i com comenta A7. Pel que fa a l'atenció a la diversitat, la metodologia en context sembla ser útil per a motivar aquells alumns que estan en risc de fracàs escolar (A3) i tal com diu A2, a través de l'EBC "els alumnes desmotivats s'enganxaran més". Finalment, posar èmfasi en les evidències trobades (percepcions de A2, A3, A6, A7, A8) pel que fa a les emocions positives associades a la comprensió de fenòmens quotidians pels seus propis mitjans, segons Aliberas (2012) es tracta de la dimensió cognitivo-emocional. Aquest gaudi per explicar el món natural amb els recursos cognitius de la pròpia ment es tradueix en un motivació intrínseca per l'aprenentatge tal i com afirma A5 "et venen ganas de saber per què passa".

5. Avaluació de la transferència

Taula 19. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 5.

Alumne	Opinions sobre la categoria 5 - Avaluació de la transferència
A1	en estas cuestiones hay que pensar, cuestan más los exámenes
A2	en el libro no están las respuestas, se me hacia complicado estudiar, me ponía nervioso, preguntava en el Facebook, y me decían que tenias que saberlo aplicar, entenderlo, me ha costado mucho estudiar física y química (...) es más difícil, ya que requiere entender y no solo memorizar los apuntes
A3	son preguntas de pensar y no de estudiar (...) piensas más si es una pregunta difícil
A4	tienes que primero entenderlo, porque eran puros ejemplos, ejercicios de pensar (comparando con otros exámenes) tal vez están acostumbrados a estudiar una cosa y no pensar tanto, en los otros exámenes puedes hacerte chuletas
A5	no te va a poner preguntas de teoría te va a poner preguntas en las que tu vas a tener que aplicar la teoría (sobre altres professors)

	ellos ponían exámenes totalmente de teoría que había salido en clase, de ejercicios de La Galera o sea del libro digital
A6	a veces hay ejercicios hechos de clase pero iguales no, un poco diferentes, sobre el tema, pero diferentes (...) no era fácil, porque para mi no lo entiendo hasta que no lo explicas tu
A7	las tuyas son más difíciles (...) pones problemas de la vida real para responder a estas preguntas has tenido que aprender el temario (...) no son preguntas que han salido igual en el libro y las pones en el examen
A8	lógicas, pues que no es sólo acordarte de todo lo que has estudiado, también tienes que pensar en la lógica que tiene ese experimento, tienes que como que meterte dentro y pensar lógicamente (...) tienes que pensar, no sólo memorizar y escribir

De manera general l'alumnat reconeix l'esforç cognitiu que suposa transferir. En alguns projectes en context, es renuncia a l'aprenentatge de models teòrics en les assignatures de ciències per a tothom i es fan només en els cursos optatius sense que hi hagi cap tipus de progressió d'aprenentatge del model al llarg de l'etapa educativa de la secundària bàsica. La majoria d'alumnes (A1, A2, A3, A6, A7) van destacar la gran dificultat que suposa aplicar el que s'ha après en situacions noves, en concordança amb els estudis sobre transferència (Barnett & Ceci, 2002). En general, el professorat és molt conscient d'aquesta dificultat i sovint, per motius diversos (augmentar l'autoestima de l'alumnat o la seva, pressions per no suspendre massa, etc) tendeix a avaluar a l'alumnat de manera reproductiva, la qual cosa ha estat percebuda per A4, A5 i A7. Els alumnes reconeixen que memoritzen les definicions o els exercicis fets a classe, de vegades sense entendre'ls, i amb això n'hi ha prou per a superar algunes matèries. Davant d'una avaluació productiva molts alumnes van manifestar el seu neguit sobre quin mètode d'estudi emprar, tal i com fa A2. Solen ser alumnes molt compromesos amb l'educació que s'han acostumat a una avaluació reproductiva i en alguns casos seran necessàries activitats de regulació metacognitiva per ajudar aquest alumnat a seleccionar les idees més importants, per exemple amb activitats de síntesi com mapes conceptuals. També serà molt important acostumar l'alumnat a canviar de context, és a dir, realitzar moltes activitats d'aplicació de les idees clau en contextos diferents al que s'ha emprat com a context d'aprenentatge. Aquestes activitats suposen un entrenament de la capacitat de transferir i promouen una visió universal i transcontextual dels models teòrics de la ciència i així evitar que

l'alumnat només doni significat als models en aquell context en que van ser apresos (King, 2012).

Avaluar la capacitat de transferir també ens va permetre detectar quan hi havia aprenentatge significatiu real, ja que vam trobar que alumnes que anys anteriors suspenien ciències, aquest curs transferien amb força eficàcia. I viceversa, alguns alumnes que aprovaven els anys anteriors van ser incapaços de transferir. Aquesta paradoxa s'explica per una avaluació exclusivament reproductiva en cursos anteriors que desmotiva a l'alumnat menys acadèmic però permet l'èxit d'alguns alumnes. Per altra banda, una exploració dels portafolis de l'alumnat (com un dossier d'aula però recollint les activitats de regulació metacognitiva que recullen evidències del procés d'aprenentatge) suggeria que els alumnes que havien millorat més en les transferències eren els que més s'havien implicat en les activitats de regulació i reflexió sobre els errors en les activitats d'aprenentatge. Aquest fet ens indica que prendre consciència del coneixement que es va aprenent promou la capacitat de transferir-lo.

Finalment, destacar que molts dels alumnes entrevistats (A1, A3, A4, A8) explicaven la transferència com "exercicis de pensar", la qual cosa sembla indicar que aquelles tasques que no requereixen transferir es poden realitzar de manera semiautomàtica (o en paraules dels alumnes "sense pensar"), és a dir, sense un esforç conscient d'exploració del coneixement necessari per aquella situació o de cerca de contextos anàlegs.

6. Els mètodes d'ensenyament

Taula 20. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 6.

Alumne	Opinions sobre la categoria 6 - Els mètodes d'ensenyament
A1	las clases son muy variadas y no son ni aburridas ni repetitivas, en otras clases te pasas el año leyendo del libro digital
A2	con los experimentos se me quitan las ganas de no hacer nada
A3	cuando hagas el experimento no será... ala que guapo, sinó que ya entenderás como se hace (...) habría que usar más la pizarra digital
A4	das tus opciones, o tu opinión, nos haces participar, eso es bueno, estar solo escuchando clase clase clase te da sueño

A5	ni hacemos mucha práctica, ni mucha teoría, muy equilibrado, hacemos videos, las clases están muy bien, ni pondría ni quitaría nada
A6	es mejor hacer un video primero y después hablar de eso para que la gente se entere más (...) si escribes mucho aprendes más pero también te aburre, te vas a otro mundo (...) hacemos menos ejercicios
A7	pones ejemplos divertidos, experimentos, así como que te animas y te aporta más esa clase
A8	(sobre els experiments) es saber lo que estas haciendo y porque esta pasando (...) vamos pensando siempre predecimos antes que va a pasar ...(si sólo habla el profe) básicamente porque te aburres y dejas de escucharlo

Els aspectes més destacables de les percepcions de l'alumnat sobre els mètodes d'ensenyament són:

- L'ús de les TAC: (Tecnologies de l'aprenentatge i la comunicació). Tot i que alguns alumnes (A3, A5, A6) valoren com a interessant l'ús de vídeos i aconsellen utilitzar més la pissarra digital, també reconeixen que en d'altres matèries s'avorreixen llegint del llibre digital. És a dir, les TAC per si soles no són un element que millori la motivació o l'aprenentatge, sinó que tot depèn de la combinació d'aquestes amb les metodologies didàctiques adients (Coscollola & Marques-Graells, 2011).
- Variar d'activitat: com a principi bàsic per a la selecció de les activitats d'ensenyament, els alumnes A1 i A5 destaquen la varietat d'activitats. El fet d'aconsellar emprar vídeos també va associat a la mandra, ja que tal i com comenta A6, es passen moltes hores al dia escrivint i agraeixen els moments en que només han de mirar i escoltar sense escriure o simplement pel fet de fer quelcom diferent al que es fa a la resta d'hores del dia. Les activitats de treball en grups cooperatius i les simulacions per a relacionar els tres nivells d'interpretació de la matèria (Talanquer, 2011a), macroscòpic, simbòlic i submicroscòpic, també van ser percebudes com a útils per a l'aprenentatge.
- Els experiments: Un dels aspectes més destacats (ho citen els alumnes A2, A3, A7 i A8) de la metodologia emprada, a part dels contextos que ja s'ha discutit a categories anteriors, és la realització d'experiments. És

interessant detectar que el missatge del professor sobre els experiments per aprendre ha estat citat per alguns alumnes (A3, A8). Al llarg del curs s'ha insistit en que els experiments no són només per divertir-se per veure quelcom espectacular, tal i com fan a programes de televisió com "El Hormiguero", sinó que són una oportunitat per a fer prediccions ("què creus que passarà") i aprendre a partir d'explorar el propi coneixement previ, és a dir, no ens hem de quedar en el "què passa" sinó que la part important és el "per què passa" (Mercè Izquierdo et al., 1999).

- Les classes dialògiques i interactives: L'altre aspecte mencionat com a motivador i útil (segons A4 i A8) ha estat el fet de que a les classes estava permès "participar", és a dir, que se'ls permetia donar la seva opinió sempre, de fet el docent ho estimulava constantment. Cal dir que a partir dels seus comentaris es detecta que molts altres professors no fan acostaments comunicatius dialògics i interactius (Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006), fet que es corrobora per algunes dificultats en la gestió d'aula que suposava aquest tipus d'estratègia per no estar acostumats a fer-ho.

En resum, d'acord amb les nostres dades, emprar diferents tipologies d'activitats és un aspecte que afavoreix la motivació i la implicació en l'aprenentatge, segons les percepcions dels alumnes entrevistats. Les simulacions a la pissarra digital, el tipus d'acostament comunicatiu i aprendre a partir dels experiments van ser activitats percebudes per l'alumnat com a útils per al seu aprenentatge.

7. Autoavaluació i coavaluació

Taula 21. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 7.

Alumne	Opinions sobre la categoria 7 - Auto i coavaluació
A1	te ayuda a ver como rectificar para quedarte con el concepto bueno
A2	Se acaba el examen y otro tema. Si tienes dudas te quedas con ellas. Eso no está bien, deberían de hacer como tu
A3	ya sé el fallo que he tenido así que me he entretenido un poco más con eso cuando esté estudiando y luego ese fallo ya no lo tengo
A4	ya me lo han explicado, ahora ya se porque estaba mal
A5	enriquece aun más porque sabes que eres capaz de corregirlo

A6	si no sabes algo ellos te lo dicen, te ayudan (...) aprendes de tu error
A7	así te das cuenta de los fallos que has hecho y repasas lo que has hecho mal y de esa forma te fijas más y te lo aprendes
A8	en esas actividades puedes ver donde te has equivocado y corregirlo, es importante porque así no vuelves a equivocarte

Tots els alumns entrevistats valoren de manera positiva ("enriquece", "ayuda"...) el fet de realitzar activitats de regulació de l'aprenentatge, tal i com es recull en altres treballs (Hinojosa & Sanmarti, 2015; Sardà, 2014; Simón et al., 2006). En concret, l'alumnat s'està referint a les activitats de correcció de les proves escrites. El professor-investigador només marcava de manera qualitativa (bé, malament, regular, blanc) i subratllava aquells aspectes millorables o afegia la paraula "incomplet" per indicar que faltava informació. A continuació, es realitzaven diferents activitats: primer una reflexió individual dels errors propis, després es comparava amb el company del costat (la distribució a l'aula estava pensada per formar parelles d'un alumne amb més rendiment amb un altre amb menys), a continuació es feia una posta en comú en petit grup i finalment una posta en comú de dubtes en gran grup. En finalitzar aquella classe l'alumnat havia de redactar una frase reflexiva sobre els seus errors i elaborar la resposta correcta a les preguntes que hagués fallat.

L'alumnat destaca negativament que en altres assignatures el professorat no li ofereix la oportunitat de saber el perquè dels seus errors i valoren com a útil el fet d'ajudar-se entre els companys, tot i que alguns alumnes es mostraven insegurs fins que el professor no ratifica la opinió del company/a. La regulació de l'aprenentatge té molt de potencial, i per aprofitar-lo al màxim cal que es faci servir al llarg de tot el procés d'aprenentatge i no només al final. En aquest sentit, el fet de compartir els objectius d'aprenentatge amb l'alumnat al principi de cada unitat mitjançant preguntes guia també és una mesura de regulació. Hi ha tres aspectes importants que no es van fer servir en el primer cicle recerca-acció però que es van incloure al curs següent i que van tenir molt bona acceptació per l'alumnat: 1) compartir els criteris d'avaluació de la prova escrita abans de fer-la i que l'alumnat autoavaluï el seu grau d'assoliment de cada criteri; 2) elaborar bases d'orientació per a planificar l'acció en aquelles tasques de més dificultat per a l'alumnat; 3) Fer ús de rúbriques per a caracteritzar el grau de qualitat de les tasques encomanades a l'aula o a casa però dissenyar les rúbriques amb l'alumnat perquè les senti com a pròpies.

8. Compartir els objectius d'aprenentatge a través del context

Taula 22. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 8.

Alumne	Opinions sobre la categoria 8 - Aprendre a partir del context
A1	para cada problema hay una solución y que ya te la expliquen desde el principio yo creo es como una ayuda que te dan, me ha ayudado a entender los conceptos (sobre les preguntes-guia) Pongo más atención porque quiero saber la respuesta
A2	Si no hubieras hablado de la caldera, no hubiera prestado atención (...) si no las pones con alguna situación o problema no te llegan de verdad
A3	te están explicando una situación que tu ya la has vivido o le ha pasao a algún amigo, ya te haces más a esa situación (...) quieres saber que ha pasado en realidad
A4	(sobre començar pel context) si porque más o menos tienes una idea, tienes tu idea de como era , y escuchas las opciones de saber como es
A5	entonces te ponen un contexto de la vida cotidiana,... anda, es verdad, ahora lo puedo aplicar
A6	se aprende más, porque dejas las preguntas y después haces el tema todo, lo vas estudiando, al final vuelves a las preguntas y es fácil responder
A7	pones un ejemplo de la vida real, a partir de eso sacas las reacciones químicas
A8	prestar más atención al principio cuando te dice vamos a estudiar los átomos, si te dicen vamos a estudiar como funciona la aurora boreal pues como que te interesa más

Sobre aquest aspecte destacaríem les opinions sobre l'ajuda a la comprensió de les idees d'allò que s'explica (A1 i A6). Per altra banda, destacar les opinions de A1, A2 i A8 sobre la millora en l'atenció i l'interès d'allò que passa a l'aula, aspecte que concorda amb els resultats de molts estudis sobre contextualització (Ültay & Çalik, 2011). També destacaríem el fet de servir preguntes com a connectors entre context i conceptes que generen motivació intrínseca, tal i com esmenta A1. Sobre aquesta línia estem d'acord amb la recerca de Roca (2008) en que van caracteritzar les preguntes que promouen un aprenentatge més significatiu a les classes de ciències i els seus resultats indiquen que eren aquelles que complien els següents requisits:

- Les preguntes han d'estar situades en un context definit i conegut per l'alumnat. En el cas d'aquests alumnes els contextos eren situacions rellevants i reals i amb sentit per a elles i ells.
- Les preguntes més significatives són les que es plantegen des d'un model teòric. Les preguntes-guia que es van fer servir com a objectius d'aprenentatge tenien vocabulari del context i dels continguts a aprendre del model.
- Les preguntes han d'anar acompanyades de discussió i reflexió amb l'alumnat i s'han de reformular amb les seves aportacions per tal que les sentin com a pròpies. Tal i com ja s'ha dit, en tot moment es va fer servir un acostament comunicatiu i dialògic i es van generar debats interessants a partir de les opinions prèvies de les preguntes-guia.

En resum, els comentaris del tipus "te llega" o "te haces más a esa situación" indiquen que el context tenia sentit per a l'alumnat perquè el tema abordat li era significatiu, aspecte important perquè aquest s'involucri en el procés d'aprendre i la introducció de noves idees quedi legitimada.

9. La necessitat d'aprendre idees de ciències

Taula 23. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 9.

Alumne	Opinions sobre la categoria 9 - La necessitat d'aprendre idees científiques
A1	no solo sirve para un contexto sino que puede servir para otras cosas

A2	me gustaría quedarme sólo en el contexto, es lo más interesante, pero sé que no se puede, la radioactivitat tiene que ver con los átomos (...) me concentre en las auroras boreales y no entendí los iones
A3	hay algunas cosas que son la clave (...) te lo lees te quedas con las palabras clave si tienes idea, luego en el examen ya puedes ir explicando tu propia respuesta no la del libro
A4	sabes que física i química va sobre átomos y eso, pues tienes que ir un poco más al centro, no por lo superficial, a lo importante, sobre qué está hecho
A5	(sobre els contextos) acabas de aceptar el concepto que te ha explicado el profe (sense els contextos) sí, lo entiendes, pero necesitas algo más para acabar de aceptar el concepto
A6	No ho menciona
A7	No ho menciona
A8	básicamente lo ves todo global pero hay ideas que son más importantes que otras

Aquest aspecte va ser el que va aparèixer de manera menys explícita a les entrevistes, tal i com ja es va evidenciar a partir de l'observació a l'aula. Des del principi de curs, l'alumnat va manifestar dificultats per a seleccionar allò més important de les activitats que s'anaven fent. Els alumnes més preocupats ho expressaven preguntant "què vols que ens estudiem?", fet que es pot relacionar amb que estaven acostumats a ser avaluats de manera reproductiva. Potser per aquest motiu, els alumnes A6 i A7, no mencionen la importància de les idees abstractes de ciències. En canvi, l'alumne A1 reconeix que hi ha quelcom que va més enllà d'aquell context i serveix per molts altres i els alumnes A3, A4 i A8 diuen que hi ha unes idees més importants i que no et pots quedar amb una visió superficial (entenem que vol dir no veure més enllà de la informació del context) tal i com pretenia fer A2 amb les aurores boreals. L'alumne A5 també reconeix que hi ha idees més importants darrera dels contextos, ella els anomena "conceptes", però crida l'atenció l'expressió que fa servir de "acceptar el concepte" i que fa

pensar en la modificació de les concepcions alternatives i no només en superposar la nova idea a al coneixement previ sense modificar aquest (Talanquer, 2009). Un dels factors que hauria contribuït a millorar aquest aspecte hagués estat dedicar més temps a activitats de síntesi i estructuració que distingeixin entre els continguts contextuals i les idees clau del model teòric, insistint en que són aquestes últimes les que l'alumnat haurà d'aplicar a noves situacions. A l'annex 2 hi ha un exemple de proposta d'activitat d'autoavaluació i síntesi amb aquest objectiu que sí es va fer servir amb l'alumnat del curs següent. L'objectiu és que l'alumnat pogués elaborar de manera autònoma aquesta taula de síntesi però s'ha graduat la seva progressió en la seva elaboració, a principi de curs es donava completa i a mesura que avançava s'anava proporcionant mig buida o al final buida del tot. En resum, els contextos motiven l'alumnat però això contribueix poc a la competència científica si només s'avalua si l'alumnat és capaç de recordar informacions del context.

10. L'estil del docent

Taula 24. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 10.

Alumne	Opinions sobre la categoria 10 - L'estil docent
A1	no eres un profe que explica y luego búscate la vida, sinó que nos ayudas y nos comprendes
A2	es mejor que el profesor lo explique a su manera, yo lo entiendo mejor
A3	No ho menciona
A4	No ho menciona
A5	No ho menciona
A6	tu sabes explicar y tu letra se entiende (...) cuando alguien necesita ayuda pues se lo explicas más veces

A7	Con el Iván aprendes porque de alguna forma te hace entrar en sus clases, estás atento porque lo hace divertido las clases (...) con el Iván son las mejores, te ríes pasas buenos ratos y encima aprendes, yo nunca he dicho, ya toca física y química que palo
A8	no había tensión profe-alumnos, no es lo mismo cuando te enfadas tu que cuando se enfada un profe como XXXX, cuando tu viniste el primer día no entraste del palo yo mando aquí, hiciste un entorno de igualdad, eso nos favoreció, aprendimos más, otros como el XXXX, de igualdad nada, en nuestra edad, tu mandas pero a mi no me da la gana, es como una guerra, sin darte cuenta vas a saltar

Cal destacar que la docència té quelcom d'art i la capacitat de connectar amb l'alumnat difícilment es pot concretar, mesurar o ensenyar. Malgrat això, alguns aspectes del caràcter dels professors s'han evidenciat com a promotors de l'aprenentatge de l'alumnat (Sardà, 2014). En aquests sentit, l'estil del docent és un aspecte que ha influenciat a la metodologia contextualitzada tal i com mostren les frases de la Taula 24. Tanmateix, aquest aspecte no va ser un tema tractat a l'entrevista, i fins i tot l'alumnat podia pensar que no era convenient dir-ho, això justifica que no tots els alumnes hagin parlat de manera directa d'aspectes de l'estil docent. A partir de les dades, destaquem la sensació de recolzament que transmeten A1 i A6, ambdues alumnes de capacitats cognitives mitjanes-baixes o el bon clima d'aula (per exemple, a través de l'humor o la participació) que comenten A7 i A8. Per últim, el fet de comunicar-se amb l'alumnat de manera entenedora, via oral o via pissarra, també ha estat destacat pels alumnes A2 i A7. Les opinions suggereixen que el llenguatge entenedor del professor afavoria el seu aprenentatge ("no lo entiendo hasta que lo explicas tú con tus palabras"). L'aspecte potencial de la manera de comunicar del professor podria ser la combinació del llenguatge quotidià (informal o fins i tot políticament incorrecte) amb un llenguatge científic (les etiquetes emprades per parlar de les entitats i les relacions del model teòric). Aquesta combinació pot haver contribuït a fer més significatiu el vocabulari científic.

Sobre l'aspecte de l'estil docent destaquem la recerca de Telli, Brok, & Cakiroglu (2010) sobre la importància de l'equilibri entre control i filiació en la gestió de l'aula. Els seus resultats mostren que la les millores cognitives i afectives tenen lloc quan els professors realitzen l'acció docent combinant estratègies de control del que es fa l'aula però alhora estratègies de filiació que generen vincles positius amb l'alumnat. Els casos dels que es queixa A8 semblen ser professors amb excessiu control i molt poca filiació ja que no deixen parlar a l'alumnat i imposen la seva autoritat.

Com a conclusió d'aquest apartat, cal admetre que en aquest tipus d'entrevistes a l'alumnat, sempre està present el biaix associat a que l'entrevistat, de vegades inconscientment, diu allò que creu que l'entrevistador vol sentir i no tant allò que realment pensa. El fet que l'entrevistador fos el professor agreuja encara més aquest problema per voler causar una bona impressió a la persona que els va qualificar i que pot tornar a ser el seu professor el curs que ve. Per tant, el fet d'haver emprat l'entrevista com a instrument de recollida de dades és molt enriquidor per la quantitat i qualitat d'informació sobre percepció de l'alumnat però potser s'hauria d'haver complementat amb d'altres instruments que no condicionessin tant la manera de respondre. Malgrat això, les opinions de l'alumnat indiquen alguns aspectes positius:

- Una actitud positiva envers l'aprenentatge de la ciència.
- Valoració positiva del plaer de ser capaç d'explicar fenòmens naturals.
- Percepció de la rellevància de la ciència en el seu futur.

Però també algunes dificultats:

- Dificultat en la capacitat de transferir a nous contextos.
- Percepció de la complexitat del context i dificultat per seleccionar les idees clau.
- Dificultats per no quedar-se en la situació concreta i l'aprenentatge de les idees abstractes.

4.3.2. Discussió de les característiques de l'alumnat

En aquest subapartat farem una discussió transversal dels resultats anteriors tenint en compte les característiques de l'alumnat seleccionat que es van indicar a la Taula 5.

1. Sobre el gènere: No hem trobat diferències associables al gènere en cap de les categories. Això ens indica que la diversitat de contextos i mètodes d'ensenyament ha sigut prou variada com per motivar tant a nois com a noies (Marbà & Solsona, 2012). Per exemple, el fet de centrar tot l'estudi de les reaccions químiques en el motor de combustió dels cotxes podria afavorir la motivació del gènere masculí, i en canvi el context de nutrició i alimentació podria afavorir al gènere femení, depenent de com s'enfoqués. La nostra conclusió és fer servir els dos contextos i variar l'enfocament per tal de captar l'interès de tot l'alumnat si és possible, per exemple, l'enfocament de nutrició es pot associar a aspectes estètics del cos però també al rendiment esportiu.

2. Sobre la capacitat de transferir: Tal i com apunten molts estudis, per exemple el de Fensham (2009), l'alumnat que és més competent científicament sol estar més interessat per les classes de ciències, i el mateix es pot dir per qualsevol altra disciplina ja que el fet de tenir una percepció positiva de l'autoeficàcia estimula la motivació i viceversa, quan un alumne està motivat l'aprenentatge també es veu afavorit. Els dos alumnes que van mostrar més dificultats per transferir van ser A2 i A6. El cas de A6 és especial perquè va cursar un programa de diversificació curricular a 1r i 2n d'ESO que afectava a les hores de ciències naturals i realitzava un currículum molt adaptat en el que es realitzaven projectes manipulatius amb una demanda cognitiva molt baixa, la qual cosa explicaria la poca capacitat de transferir i les dificultats per aprendre idees abstractes. Cal destacar el cas de A2 que comenta que vol fer ciències polítiques però malgrat això no vol triar l'itinerari humanístic perquè no li agrada el llatí i en canvi si li agrada física i química, és a dir, mostra interès en la física i química malgrat no tenir una vocació científica de futur. Els dos alumnes van destacar les dificultats que els suposava el fet de treballar en context i l'avaluació productiva (veure els comentaris de la categoria 5). Malgrat reconèixer les seves mancances, ambdós alumnes van mostrar una percepció positiva envers l'assignatura (categoria 1) i la metodologia (categoria 6). Pel que fa a la categoria 8 sobre la percepció de l'aprenentatge de les idees científiques, destaquem el fet que A6 no va mencionar res, és a dir, no va percebre la importància d'aprendre idees abstractes que anessin més enllà del context i que són útils en moltes situacions (tal i com diu A1) i A2 destaca que li agradaria quedar-se en la informació del context, és a dir en el concret, perquè passar a les idees científiques implicar incrementar l'abstracció i això suposa un esforç cognitiu gran per a l'alumnat amb més dificultats.

3. Sobre l'estil motivacional: Dels quatre estils motivacionals estudiats (veure l'apartat 3.3.1), cal destacar la poca presència de l'estil motivacional voluntariós i el predomini dels estils sociables i desmotivats i això s'explica per les característiques socioculturals de l'alumnat del barri. Pel que fa a la categoria dels mètodes d'ensenyament podríem haver esperat alguna diferència associada a l'estil motivacional, per exemple, que els de tipus sociable destaquessin les activitats de treball cooperatiu, però no ha estat així. El que sí és interessant és que independentment de l'estil motivacional de l'alumnat tots han valorat de manera positiva la varietat de mètodes d'ensenyament emprats, per tant, concloem que la millor estratègia és diversificar activitats per captar l'interès de tot l'alumnat. Dit d'una altra manera, basar tot un curs en una única estratègia d'ensenyament, per bona que sembli (per exemple, el treball cooperatiu) pot comportar que

l'alumnat amb altres estils motivacionals no se senti còmode. El mateix es podria argumentar quant a la categoria de connexió amb la vida real, que hauria de ser destacada per l'alumnat curiós i en canvi va ser destacada per tots els alumnes. Això pot ser degut, primer al fet de servir contextos amb molta rellevància personal per a adolescents però també pel fet de fer servir una diversitat de contextos prou àmplia com per captar l'interès d'altres estils motivacionals. Probablement els quatre estils coexisteixen alhora dintre de cada adolescent i en algunes etapes del desenvolupament poden emergir uns més que altres, per exemple, tots els alumnes de 15 anys solen tenir quelcom de curiosos en alguna temàtica del seu interès.

4. Sobre la intenció de cursar física i química el curs següent: Tot l'alumnat entrevistat va mostra una percepció favorable envers l'assignatura, fins i tot les dues alumnes que no tenien intenció de cursar física i química (A1 i A8) també tenen percepcions positives en totes les categories. Destaquem el comentari de A1 que deia que li feia molta pena no seguir fent alguna cosa de ciències el curs vinent perquè tot i que ella vol ser professora d'Història, les ciències li semblen molt interessants. Estem d'acord amb aquest comentari i suposem que l'actual estructura del currículum en que les ciències són optatives a 4t d'ESO i l'assignatura de ciències per al món contemporani de 1r de batxillerat ha estat eliminada, contribuirà a una reducció dràstica de l'alfabetització científica de l'alumnat que optin per itineraris socials o humanístics, i que són els futurs polítics, economistes, periodistes, etc, tot i que alguns d'ells probablement considerin les ciències molt interessants com A1.

Com a síntesi d'aquest apartat, destaquem el fet que la proposta d'EBC emprada ha estat percebuda positivament per tot l'alumnat seleccionat per a les entrevistes, que és representatiu del conjunt del grup. Ha estat així independentment del gènere, les capacitats, l'estil motivacional o la intenció de continuar amb les ciències. Això es contraposa amb la visió tradicional de la física i la química, com una matèria que només interessa a nois (física, per la relació amb l'enginyeria) o noies (química, per la relació amb medicina), als estudiants més intel·ligents (la frase típica, de "els millors a ciències"), els alumnes d'estil voluntariós que són molt ambiciosos amb el seu rendiment acadèmic o els alumnes que volen continuar amb les ciències. En resum, els nostres resultats suggereixen que l'objectiu de fer una física i química per a tothom a 3r d'ESO s'ha assolit raonablement bé i la major part de l'alumnat va estar d'acord amb la frase: "La química és a tot arreu" a partir d'una discussió col·lectiva a final de curs.

Capítol 5

Resultats i discussió del segon objectiu

5.1 Introducció

El segon objectiu d'aquesta tesi està centrat en investigar la transferència de manera empírica, és a dir, buscar evidències sobre els mecanismes que segueix l'alumnat al transferir, identificar els aspectes que caracteritzen que una transferència sigui propera o llunyana i justificar la influència del CDC del professorat en la capacitat de transferir de l'alumnat.

Objectiu 2:

Descriure, analitzar i interpretar la capacitat de transferir coneixement químic a nous contextos per identificar els factors que la promouen o la dificulten.

En base a això, es plantegen, tres subobjectius:

- **Subobjectiu 2.1:**

Identificar els raonaments que fan servir els alumnes per a transferir a partir d'una entrevista.

Els instruments de recollida de dades per a aquest objectiu són la pregunta sobre pensar en veu alta de l'entrevista a la selecció representativa de l'alumnat que va cursar física i química en context durant el curs 2012-2013. Es demanava a l'alumnat que realitzés una transferència llunyana però que expressés en veu alta aquells aspectes en els que pensava quan s'enfrontava a aquesta tasca.

- **Subobjectiu 2.2:**

Analitzar les dificultats dels alumnes sobre l'ús de les idees i el llenguatge per a transferir quan han de justificar un fenomen.

Els instruments de recollida de dades per a aquest objectiu són la realització de proves escrites durant el curs 2012-2013. Es va fer una selecció de preguntes relacionades amb la competència científica "Explicar fenòmens científicament". A continuació, es va fer un anàlisi interpretatiu de l'ús de les idees i el llenguatge emprat per a transferir coneixement químic de diferents models teòrics a noves situacions.

- **Subobjectiu 2.3:**

Comparar la capacitat de transferir i la vocació científica d'un grup d'alumnes que ha seguit un ensenyament contextualitzat i integrador

amb altres grups d'alumnes i analitzar les possibles causes de les diferències identificades.

Els instruments de recollida de dades per a aquest objectiu van ser un qüestionari amb sis preguntes per avaluar la capacitat de transferir, entrevistes al professorat participant i les proves escrites lliurades pel professorat participant. Es va dissenyar una rúbrica per a l'anàlisi de la qualitat de les respostes i es van definir categories del CDC que poden contribuir a promoure la capacitat de transferir de l'alumnat. A continuació, es van buscar correlacions entre els aspectes del CDC del professorat, les característiques socioculturals de l'alumnat i els resultats sobre la capacitat de transferir. Finalment, es van interpretar aquestes correlacions per tal de justificar possibles relacions de causalitat.

5.2 Subobjectiu 2.1: Sobre com l'alumnat transfereix

- **Subobjectiu 2.1:**

Identificar els raonaments que fan servir els alumnes per a transferir a partir d'una entrevista.

L'activitat de transferència que es va demanar a l'alumnat a l'entrevista consistia en justificar la següent observació experimental:

"Un ou fresc en aigua salada s'enfonsa, i en canvi, quan està podrit flota."

El coneixement químic principal que l'alumnat havia de transferir és del model substància o identitat química (massa, volum i densitat i la relació amb la flotabilitat), tot i que també és esperable l'ús d'idees sobre el model canvi químic i la llei de la conservació de la massa (putrefacció, generació de gasos) o el model ésser viu (bacteris descomponedors). Per tant, des del punt de vista de la quantitat d'idees i models teòrics necessaris, estem davant d'una transferència força llunyana per a l'alumnat, tot i que al capítol següent ho justifiarem més detalladament. Les respostes es van interpretar de manera qualitativa per a identificar els raonaments que van fer servir.

5.2.1. L'anàlisi de les dades

Els fragments de l'entrevista en que l'alumnat expressa en veu alta com transfereix seran interpretats de manera qualitativa i discutits en el següent apartat alumne per alumne. A l'annex 4 es poden trobar les transcripcions de les entrevistes i s'ha marcat en blau el fragment d'aquestes en que l'alumnat expressa els raonaments que fa servir. A la Taula 25 es mostren algunes frases de l'alumnat relacionades amb com afronten una tasca que requereix transferir.

Taula 25. Exemples de frases de les entrevistes a l'alumnat sobre com afronten les activitats de transferència.

Alumne	Opinions sobre com es transfereix
A1	me imagino el huevo, un sitio lleno de agua (...) he pensado en el video de los submarinos, estaba intentando buscar la relación, si no hubiera visto ese video ahora no tendría ni idea
A2	Es como el experimento con el hidrógeno, si pierde un gas pesa menos, por lo tanto el huevo pierde algun gas (...) le aconsejaría que se planteara situaciones y las intentara solucionar, eso ayuda a entender otra situación parecida
A3	la yema ya no es yema es otra cosa (...) al pudrir-se se ha reducido su densidad (...) la masa del huevo podrido ha tenido que bajar
A4	La densidad del huevo es menor que la del agua con sal (...) ha habido un cambio químico, han cambiado sus propiedades
A5	pienso en algo que hayamos hecho parecido, y lo aplico un poco, y si no puede ser lo cambio, y asi voy haciendo pruebas mentalmente , hasta que consigo la respuesta o algo parecido a la respuesta
A6	cuando se pudre se le va la energía y todo, se queda seco (...) intento recordar que hemos hecho en clase
A7	yo me acuerdo que si el objeto era menos denso que el agua flota y sinó se hunde
A8	tiene aire dentro (...) Ah, entonces es que la densidad del huevo habrá disminuido (...) va echando aire, ah, y por eso huele mal

5.2.2. La discussió dels resultats

A continuació es farà una interpretació de com l'alumnat transfereix a partir del que expressa a les entrevistes. Al final de l'apartat es farà una síntesi dels raonaments identificats i es discutiran d'acord amb els marcs teòrics de referència sobre la transferència del capítol 2.

L'alumne A1 fa una primera relació amb la densitat, perquè a l'aula s'havia treballat la relació entre densitat i flotabilitat. És a dir, primer pensa en una idea científica clau abstracta que considera que està relacionada amb la tasca demanada a partir de recordar que densitat alta implica enfonsar-se i densitat baixa flotar. A continuació ho relaciona amb idees sobre canvi químic parlant de putrefacció, inicialment menciona algunes idees prèvies com que alguns nutrients han desaparegut però més tard parla de transformació i connecta amb idees de biologia (floridures i fongs). A partir de la discussió que es genera arriba al concepte de massa però sense relacionar-ho amb el despreniment de gasos, que és l'aspecte clau per a resoldre la tasca. Per altra banda, l'alumna rebufo en diverses ocasions i es queixa de la dificultat. Quan se li demana en que pensa mentre intenta transferir activa un anàleg de les activitats de classe: el vídeo del funcionament dels submarins. En aquest vídeo es mostrava com aquests omplen i buiden d'aigua o aire uns dipòsits per tal de modificar la seva densitat i controlar si han de flotar o enfonsar-se. Aquesta analogia li permet completar la resposta final: alguns gasos s'han escapat de l'ou i això explica la disminució de massa. Finalment, l'alumna reconeix que sense aquest vídeo li hagués resultat impossible respondre la tasca, per tant, sembla necessitar contextos propers i concrets que li puguin servir d'anàlegs. Cal destacar el fet que el temps transcorregut entre el vídeo dels submarins i l'entrevista va ser d'uns sis mesos, per tant, estem davant d'un cas de transferència remota (Chen & Klahr, 2008), és a dir, ha passat molt de temps entre la situació d'aprenentatge i la situació d'aplicació.

L'alumne A2 comença parlant de la sal com una possible causa, tot i que els dos casos (flotar i enfonsar-se) són en aigua salada. Després busca un altre factor que no es menciona, la temperatura de l'aigua, segons ell el fet que sigui freda o calenta fa flotar o enfonsar l'ou. Aquestes dues intervencions indiquen poc pensament científic pel que fa al control de variables i l'establiment de relacions causa-efecte. Amb el guiatge del professor, acaba relacionant els valors de densitat amb la flotabilitat, i ell sol acaba arribant a la conclusió de que l'ou podria haver perdut massa, però no sap el perquè. Quan es demana a l'alumne que pensi en allò que s'ha fet a classe i que pugui ajudar-lo a contestar, cita dues activitats: 1) la combustió d'un cacahuet amb una flama, que es va fer com analogia de la respiració cel·lular; 2) l'obtenció de l'hidrogen (per reacció entre magnesi i àcid clorhídric, en el context de "un combustible amb futur") per a introduir la conservació de la massa durant els canvis químics. Gràcies a recordar aquests experiments A2 acaba raonant que la massa perduda és un gas que ha

sortit de l'ou i fins i tot va més enllà del que demana la tasca i relaciona aquest fet amb la mala olor que fa un ou podrit. Cal destacar que el fet d'haver aplicat un experiment del model canvi químic a una tasca més relacionada amb el model substància (massa, volum i densitat) demostra una elevada capacitat de transferir el coneixement. L'alumne reconeix la gran dificultat de la tasca però quan se li demana el perquè suggereix la necessitat de pistes perquè la majoria d'alumnes pensarien que la closca de l'ou és hermètica. Per altra banda, en un altre moment de l'entrevista destaca que per a superar l'assignatura cal pensar en com es resolen les situacions treballades a classe ja que això t'ajuda a resoldre altres situacions semblants, opinió que es pot interpretar com l'aplicació del pensament analògic entre contextos. L'alumne també destaca la importància de la regulació metacognitiva quan diu que cal "pensar en com es resolen" aquests tasques.

L'alumne A3 inicia la transferència pensant en el que passa a l'interior de l'ou tot associant podrir-se amb transformació de les substàncies i relaciona això amb un canvi en la densitat que modifica la flotabilitat. Quan s'insisteix en que es justifiqui perquè la putrefacció ha reduït el valor de la densitat es resigna i diu que no sap dir res més. Aquesta situació s'aprofita per a preguntar pel perquè de la dificultat d'aquesta pregunta i A3 comenta que com no es pot veure que passa a dins de l'ou es fa difícil imaginar el què passa. Quan es proporciona informació sobre de què depèn la densitat (massa i volum) aleshores l'alumne arriba a una nova conclusió: "la massa del huevo ha tenido que bajar" però reconeix que no sap què se n'ha fet de la massa perduda. Aquest alumne no ha esmentat cap experiment o context dels treballats a l'aula quan intentava transferir, només ha pensat en idees científiques sobre la matèria (densitat, reacció química, massa, volum...), però no podem descartar que internament ho hagi fet sense verbalitzar-ho. Per altra banda, l'alumne no recordava moltes d'aquestes idees i això li impedia transferir, per tant, un aspecte important a tenir en compte a l'avaluar la transferència es que molt sovint el problema no és la incapacitat de transferir en sí mateixa sinó el fet de no recordar aquelles idees necessàries per a dur a terme la transferència. Això s'evidencia amb aquest cas quan es veu que l'alumne arriba a conclusions adients quan se li proporcionen pistes sobre els conceptes científics necessaris.

L'alumne A4 comença pensant en la massa com a responsable de la flotabilitat tot i que més tard es passa al concepte de densitat quan se li demana que pensi en el que s'ha fet a classe. També recorda que és la relació entre massa i volum. Per tal de justificar el canvi de densitat, A4 pensa que és un canvi químic perquè han canviat les propietats i perquè és irreversible però no acaba d'arribar a una conclusió tot i parlar d'altres idees abstractes sense relació per a la tasca com el model atòmic de Bohr. Per tant, és un cas d'alumne que fa servir les idees abstractes directament per realitzar la tasca proposada. El fet que aquest alumne hagi après de manera significativa les idees clau de densitat i canvi químic ha d'haver contribuït a que hagi estat capaç de recordar-les i utilitzar-les en una nova situació. L'alumne es queda encallat en com justificar la disminució de massa i

l'entrevistador li demana que pensi en experiments de classe. Aleshores és quan recorda l'experiment d'un canvi químic que desprenia un gas i que en escapar-se, la massa de la substàncies que quedaven era inferior a la inicial. Això el porta a la conclusió que l'ou podrit ha després algun gas i també acaba relacionant la mala olor de la putrefacció amb la formació d'aquests gasos. Cal destacar, com en el cas de l'alumne A2, la gran qualitat de la transferència ja que fins i tot va més enllà i justificació la mala olor d'un ou podrit. Per altra banda, en cap moment l'alumne ha verbalitzat que hagi pensat en vídeos o contextos de classe, només va expressant diferents models teòrics treballats i els va posant a prova fins que en troba un que li serveix, és a dir, sembla centrar el seu raonament en el nivell abstracte tot i que després connecta amb els fets concrets de la tasca o amb experiments.

L'alumne A5 inicia la seva justificació esmentant que cal pensar en les substàncies que conté l'ou abans i després de podrir-se tot connectant amb biologia parlant de l'acció dels bacteris. Tot seguit, pensa en la relació entre densitat i flotabilitat i argumenta que com els bacteris es van "menjant" substàncies de l'ou això fa que sigui menys dens. Quan se li demana que recordi de que depèn la densitat pensa en la massa i el volum, i de manera guiada, acaba deduint que la massa de l'ou podrit ha d'haver disminuït. Pel que fa a la connexió entre pèrdua de massa i putrefacció, parla de canvis en les propietats de les substàncies per tractar-se d'una transformació (tot i que no fa servir el terme canvi químic però diu "lo que tiene dentro ya no es lo mismo") però després ho matisa dient que alguna substància ha d'haver marxat. Finalment, comenta el mecanisme que fa servir per a resoldre una tasca que requereix transferència que consisteix en el pensament analògic, l'activació d'idees i la modificació d'aquestes idees (veure la Taula 25). Però no concreta si pensa en contextos, experiments, activitats o tot alhora, només diu "algo que hayamos hecho parecido" i això ens fa pensar que es fixa en situacions concretes i no pas en idees abstractes. És interessant com descriu que es tracta d'activar models mentals però també de modificar-los una mica i comprovar si amb aquests canvis pot realitzar la tasca. En aquest sentit, estaríem davant d'un bon mecanisme per a dur a terme transferències llunyanes perquè es busca no només recordar els mapes mentals necessaris sinó que es fan petites modificacions en aquests (Gilbert et al., 2011), fet que es pot interpretar com una reconstrucció dels seus models mentals. Per tant, podem suggerir que l'alumnat que no es capaç d'adaptar els seus models mentals i posar-los a prova no serà capaç de dur a terme transferències gaire llunyanes.

L'alumne A6 dóna com a primer argument una idea alternativa molt habitual "que flote o no depende del peso". Quan se li demana que reformuli el seu argument tot comentant el vídeo del funcionament dels submarins, aleshores diu que té a veure amb l'energia perquè quan un ou es podreix se li va l'energia, és a dir, una altra concepció alternativa molt habitual, la substancialització de l'energia. Segueix argumentant que algunes substàncies deuen marxar de l'ou ja que quan es

podreix algunes substàncies desapareixen, evidenciant que no va aprendre les idees clau del model canvi químic a través dels experiments i contextos que es van fer servir. Quan es qüestiona alguns dels seus arguments per ajudar-la a que els reformuli, repeteix en moltes ocasions la frase "no sé". Quan se li pregunta sobre el motiu pel qual aquest tipus de tasques són tan difícils només diu que "perquè no s'han fet abans a classe" (és a dir, es tracta d'una avaluació productiva) i suggereix que ella el que intenta es fer l'experiment al seu cap, imaginar-s'ho i recordar coses que s'han fet a classe, és a dir, intentar activar anàlegs basats en situacions concretes molt semblants a les treballades (experiments, contextos, etc). Per tal de justificar la poca competència científica d'A6 ja es va comentar que es tracta d'una alumna que durant els dos primers cursos de l'ESO va realitzar un programa de diversificació curricular que afectava a les hores de ciències naturals. Per aquest motiu, mostra moltes de les idees alternatives conegudes per alguns conceptes científics. Durant l'entrevista no ha estat capaç d'activar anàlegs concrets ni idees científiques abstractes i això li impedeix transferir ni tan sols de manera incipient. En conclusió, el canvi conceptual entès com fer evolucionar les idees alternatives cap a idees que estiguin més d'acord amb el coneixement científic és un aspecte important a tenir en compte per a promoure la capacitat de transferir. Si les idees alternatives no es reconstrueixen, l'alumnat es bloqueja i ni tan sols intenta transferir o quan ho fa aplica models mentals que no són coherents amb els de la ciència.

L'alumne A7 inicia la seva justificació recordant correctament la relació entre densitat i flotabilitat (veure la Taula 25) però no es capaç d'aplicar-la al cas de l'ou, fins i tot quan es proporcionen algunes pistes només diu "no sé". Això evidencia que recordar i enunciar una idea clau no implica que es sigui capaç d'aplicar-la en una situació real, és a dir, no implica ser capaç de transferir-la. El coneixement d'aquesta alumna sobre densitat i flotabilitat és força inert perquè no és capaç d'aplicar-lo a noves situacions. Quan se li pregunta perquè són tan difícils aquestes preguntes comenta que ningú s'espera una pregunta com aquesta i que requereix pensar molt, comentar en la línia dels ja discutits sobre les percepcions de l'alumnat sobre l'avaluació productiva. Per tant, es tracta d'un cas semblant al de A6 ja que no ha estat capaç ni d'activar anàlegs concrets ni de mobilitzar els models teòrics necessaris.

L'alumne A8 el primer que diu només sentir la pregunta és que té aire dins i que aquesta tasca està relacionada amb els gasos i que quan es va descomponent l'ou es van generant gasos al seu interior i això justifica que floti. Quan es guia A8 cap a recordar la relació entre flotabilitat i densitat l'alumna sobtadament comenta que al podrir-se la densitat ha baixat (veure la Taula 25) i seguidament ho relaciona amb els gasos del principi i va més enllà connectant aquest fet amb la mala olor que fa un ou podrit. Aquest tipus d'encadenament de raonaments s'ha vist ajudat pel fet de recordar les idees clau sobre gasos, canvi químic i densitat. L'alumna comenta que al seu cap ha anat pensant en que es va fer a classe quan es

treballava la densitat i comenta l'anàleg que ha fet servir: el cas de la flotabilitat dels vaixells. Per tant, es tracta d'un pensament analògic contextual (analogia entre el cas dels vaixells i l'ou podrit) que la guia cap a un pensament teòric, que són les primeres que ha anat citant sobre les propietats de la matèria. Aquests resultats suggereixen que el fet de disposar d'un anàleg proper i concret com el del vaixells pot haver facilitat que les idees s'hagin après de manera significativa i s'hagin pogut mobilitzar quan ha estat necessari.

SÍNTESI

Com a síntesi d'aquest discussió hem vist que els alumnes que han transferit (tot i que hagi estat parcialment o amb el guiatge del professor) s'han basat en l'ús de dues estratègies complementàries:

- Activar anàlegs a la tasca i identificar les idees científiques de l'anàleg que poden ser útils en la nova situació, tal i com expressen A1, A2, A5 i A8. En el cas de A6, tot i expressar que així és com s'hauria de procedir, no ha estat capaç de posar-ho en pràctica. Els raonaments de l'alumnat suggereixen que van del context nou al context anàleg i d'aquest a les idees abstractes que consideren que cal mobilitzar. Cal destacar el fet que els alumnes van fer servir contextos anàlegs diferents en afrontar la tasca, la qual cosa reforça la necessitat de fer servir contextos diferents al voltant d'un mateix model teòric, per ampliar la disponibilitat de recursos per a l'alumnat i promoure que més alumnes transfereixin. Aquests resultats estan d'acord amb l'estudi de Burgoa (2014) que indicava que els conceptes es relacionen amb les situacions d'aprenentatge a partir de frases del tipus "això és com ...", és a dir, que es fan servir situacions concretes per activar idees abstractes. Els principals tipus d'anàlegs que hem trobat que activa l'alumnat són resultats experimentals, contextos, anècdotes curioses i vídeos. En general, fets concrets de les situacions rellevants que s'han treballat a l'aula.
- Activar idees científiques abstractes (models mentals) que s'han treballat i seleccionar aquelles que poden ser útils per a resoldre la tasca o fins i tot reformular-les. En aquest cas, és probable que primer tingui lloc l'estratègia anterior tot i que de manera interna i inconscient. Dit d'una altra manera, s'activen aquelles idees clau que apareixen en un context que s'assembla en certa manera a la nova situació plantejada. Aleshores, tant l'alumne A3 com A4, que només expressen idees abstractes, és possible que internament hagin activat els fets d'algun cas concret (experiment o context) per tal de reconèixer quin model teòric i quines aspectes d'aquest cal mobilitzar.

En conclusió, els resultats confirmen que promoure el pensament analògic és un aspecte important per ajudar a que l'alumnat aprengui a transferir (Gómez et al.,

2012). Per tant, proporcionar un bon nombre d'anàlegs amb fets concrets (contextos propers a l'alumnat o experiments contextualitzats en situacions rellevants) contribueix a la capacitat de transferir. Tanmateix, també són necessàries les idees clau científiques abstractes aplicables en els contextos ja que resulta molt complicat per a l'alumnat transferir d'una situació a una altra sense passar pel coneixement abstracte, tal i com ja havien constatat altres autors (Van Oers, 2004). A més, el llenguatge científic dels textos justificatius ha d'incloure idees dels models teòrics que apuntin a la causa del fenomen. Amb les dades que hem recollit no tenim prou informació per extreure més detalls sobre quins són els processos mentals específics que fa servir l'alumnat quan activa contextos anàlegs o idees abstractes i tampoc per a concretar si l'alumnat pensa en els contextos anàlegs de manera inconscient quan emprava idees abstractes. Farien falta entrevistes més llargues i estructurades que ens permetessin obtenir més informació sobre com l'alumnat activa i utilitza els seus models mentals.

5.3 Subobjectiu 2.2: Sobre l'ús del llenguatge i els models al transferir

- **Subobjectiu 2.2:**

Analitzar les dificultats dels alumnes sobre l'ús de les idees i el llenguatge per a transferir quan han de justificar un fenomen.

Els instruments de recollida de dades per a aquest objectiu són la realització de proves escrites durant el curs 2012-2013. Es va fer una selecció de preguntes relacionades amb el model de partícules i la competència científica "Explicar fenòmens científicament". A continuació, es va fer un anàlisi interpretatiu de l'ús de les idees (científiques o alternatives) i el llenguatge emprat (coherència fets-cause) per a transferir aquest coneixement químic a noves situacions. La transcripció de les dades es recull en un Excel a l'annex 7.

5.3.1. L'anàlisi de les dades

A continuació es mostraran els sistemes de categories emprats per a l'anàlisi de la qualitat de la transferència escrites de l'alumnat. Les respostes en blanc es van tractar com una categoria a part. Les tres categories que s'analitzaran són:

1. Ús de les idees científiques del model teòric: per a cada pregunta es farà un llistat de les idees abstractes del model que cal fer servir per a realitzar de manera completa la transferència i s'indicarà el número d'aquestes que es fan servir. Per exemple, per a una pregunta que requerís mobilitzar 3 idees clau, el nivell zero seria aquell en que s'activa cap idea científica

pertinent, el nivell 1 o 2 quan només s'activen algunes de les idees clau i el nivell màxim seria el 3, cas en que s'han aplicat totes les idees científiques relacionades amb els fets del context que cal justificar. També s'analitzarà quines idees del model són les que més s'han activat i les que menys.

2. Ús d'idees alternatives: en cas que se n'utilitzin, s'identificaren quines són d'acord amb com han estat descrites a la literatura.
3. Coherència de la justificació: es distingiran quatre nivells de resposta:
 - 1a: només repeteix o descriu fets concrets del context de la tasca.
 - 1b: només activa idees abstractes del model teòric i no menciona cap dels fets del context.
 - 2: activa idees abstractes i menciona informació contextual dels fets que s'han de justificar però la relació entre ells no és coherent.
 - 3: activa idees abstractes, menciona informació contextual dels fets que s'han de justificar i construeix una relació coherent entre ells.

A la Taula 6 es troben les preguntes que es van analitzar mentre i a la Taula 26 es mostra un exemple de cada tipus de resposta per a la pregunta 2:

"Des de sempre els humans hem volgut volar. A la figura teniu un dibuix d'un dels primers globus aerostàtics que van dissenyar els germans Montgolfier a França. El cremador escalfa l'aire que està a l'interior del globus i com més calent està aquest aire, més s'eleva el globus. Fent servir el concepte de densitat explica el funcionament d'aquests globus aerostàtics."

Pel que fa a la freqüència de cada tipus de resposta, la Taula 27 mostra els resultats quantitativs per al total de preguntes analitzades i al següent apartat es mostraran i discutiran els resultats de la categorització per a cada pregunta.

Taula 26. Exemple cada tipus de resposta per a la pregunta de transferència número 2.

Categoria	Nivell	Exemple
Ús de les idees científiques	0	quan cremes l'aire el fum que s'origina s'eleva cap al globus i aquest fa que s'infla i voli
	1	l'aire de dins es crema, s'eleva perquè hi ha més densitat dins que fora
	2	la llama caliente el aire que hay dentro del globo haciendo que la densidad del aire que hay dentro disminuya y como el aire que hay fuera tiene más densidad vuela mas alto
Ús d'idees alternatives	Resposta amb una concepció alternativa	com porta aire dins, si l'escalfem l'aire perd substàncies i per tant perd densitat
Coherència de la justificació	1a	l'aire calent sempre tendeix a pujar per tant si calentes aire pujarà i impulsarà el globus cap a d'alt
	1b	perquè la densitat del aire calent es diferent que la del fred
	2	Quan escalfa l'aire perd densitat, l'aire té humitat y al escalfar-lo queda solo aire i quan es solo aire es menos dens que l'aire normal
	3	el cremador escalfa l'aire que esta al interior del globus, per tant aquest aire perd densitat i com l'aire dins del globus te menys densitat que l'aire que l'envolta doncs vola.

Taula 27. Percentatge de cada tipus de resposta per al global de respostes (N= 178 respostes).

Categoria	Nivell	Descriptor	Percentatge
Respostes en blanc	-	-	28
Ús d'idees científiques	0	Cap	28
	1	Una	17
	2	Algunes	15
	3-4	Totes	13
Ús d'idees alternatives	1	Algunes	17
	2	Cap	54
Coherència de la justificació	1a	Només fets del context	16
	1b	Només idees científiques	11
	2	Relació incoherent fets-idees	17
	3	Relació coherent fets-idees	28

5.3.2. La discussió dels resultats

Primerament es farà una discussió de la tipologia de respostes de manera global, és a dir, tenint en compte la Taula 27, després es farà una interpretació dels resultats quantitatius i qualitatis per a cada pregunta i finalment es farà una síntesi conjunta de tota la discussió.

RESULTATS GLOBALS:

Les dades totals de la Taula 27 mostren que un 28% de les qüestions es van deixar en blanc. Tot i que resulta difícil interpretar el motiu pel qual no s'ha respost,

una possibilitat és la dificultat que representa per a l'alumnat transferir el coneixement químic a contextos diversos (Gómez et al., 2012).

Pel que fa a la categoria de l'ús de les idees, la major part de les respostes es troben al nivell 0 (un 28%), és a dir, no es fan servir idees científiques del model teòric pertinent per a construir la justificació. En alguns casos es tracta d'alumnes que no han activat idees abstractes adients i un possible motiu pot ser que no han fet cap raonament analògic entre els contextos d'aprenentatge i el nou context de l'activitat proposada. En altres casos es tracta d'alumnes que activen idees científiques no són pertinents a la tasca. Els motius que poden portar a l'alumnat a fer-les servir, poden ser perquè fan algun pensament analògic amb el context que fa de distractor i els porta cap a un altre model teòric. Per exemple, el cas de l'olor de la gasolina, uns quants alumnes van comentar que el motiu de que sigui volàtil és que és inflamable. Aquest tipus de transferències negatives (Perkins & Salomon, 1996) sol tenir lloc quan l'alumnat no té un domini adequat del coneixement necessari sobre la tasca ja que aquells alumnes que han construït un model teòric de partícules que tingui en compte els enllaços haurien de poder relacionar les macro propietats amb les unions entre les partícules. Per tant, estem d'acord amb Bransford et al. (2000) quan argumenten que el primer factor determinant de la transferència és el que ells anomenen la substància de la transferència, en aquest cas el coneixement químic.

Pel que fa a les respostes de nivell 1 o 2, representen un 17% i un 15% respectivament, i consisteixen en un ús incomplet del model teòric pel que fa a la completitud. El fet de no utilitzar totes les idees científiques que es podrien emprar per explicar el fenomen és molt habitual ja que l'alumnat sovint fa raonaments uniestructurals (Biggs & Collis, 1982) que consisteixen en elaborar les justificacions a partir d'una única idea científica, probablement la que activen en primer lloc. Només un 13% de l'alumnat ha activat totes les idees científiques necessàries, és a dir, ha emprat un raonament multiestructural per a explorar els seus models mentals i activar totes les idees relacionades amb la justificació.

La quantitat de respostes amb concepcions alternatives és del 17%. Algunes de les estratègies emprades a l'aula han contribuït a que aquesta xifra no hagi estat més alta. Per exemple, l'acostament comunicatiu dialògic i interactiu i les activitats de treball cooperatiu han ofert moltes oportunitats a l'alumnat d'expressar les seves idees alternatives i reformular-les en funció dels experiments realitzats o de les discussions amb el professor o amb altres companys. Tanmateix, aquestes metodologies no sempre afavoreixen que l'alumnat s'impliqui en les tasques encomanades per a pensar sobre els seus models mentals i fer emergir les seves idees prèvies. En aquest sentit, la rellevància personal, social i vocacional dels contextos en els que es situaven les activitats hauria d'haver contribuït a que l'alumnat s'involucrés en aquesta tasca de reconstrucció dels seus models mentals tot relacionant les diferents idees clau que anaven apareixen a partir dels

contextos amb el seu coneixement previ. Malgrat les metodologies d'aprenentatge actiu i l'ús de contextos rellevants que s'han emprat, segueixen havent determinades àrees del coneixement químic en les que les idees alternatives són molt persistents.

Pel que fa a la coherència de les respostes com a textos justificatius, s'ha trobat un 16% de respostes que només pensen en fets concrets del context de la tasca (nivell 1a). En alguns casos es poden considerar respostes tautològiques i es corresponen amb l'alumnat que té una capacitat de raonament més limitada i no ha après a activar idees abstractes. Fins i tot a les activitats de regulació de l'aprenentatge alguns alumnes no acabaven de reconèixer que la seva resposta no estava aportant cap informació nova. Tanmateix, cal tenir en compte que si l'alumnat està acostumat a ser avaluat de manera reproductiva, davant d'una avaluació productiva i per no deixar la resposta en blanc (sempre s'animava l'alumnat a respondre), una possible estratègia és repetir la informació de l'enunciat d'una manera lleugerament diferent. A totes les preguntes es destacava que s'havien de fer servir idees abstractes, per exemple, dient "utilitza el model X" o "utilitzades idees de química treballades a classe" però tot i així alguns alumnes no van activar-ne cap. La primera causa d'aquest tipus de resposta estaria relacionada amb el mateix motiu que per a les respostes no pertinents o en blanc, l'alumnat no mobilitza cap idea científica relacionada amb el context ja sigui perquè no les ha après significativament, perquè no les recorda en aquell moment o perquè la tasca no conté prou informació (el que l'alumnat a les entrevistes en deia pistes) per activar el pensament analògic. Per tant, un aspecte important per a facilitar que l'alumnat realitzi transferències de manera individual és que la tasca inclogui informació contextual que li faciliti l'activació d'anàlegs, és a dir, que l'ajudi a comparar el context d'aprenentatge amb el d'aplicació o que l'ajudi a mobilitzar els seus models mentals.

Un 11% de l'alumnat va elaborar textos justificatius que només contenien idees científiques sense relacionar amb els fets del context (nivell 1b). En alguns casos solen haver memoritzat una frase i intueixen que està relacionada amb la tasca però no són capaços de concretar la relació per escrit. Es podrien tractar de raonaments uniestructurals i multiestructurals simples (Sevian & Talanquer, 2014) o fins i tot alguns es serien raonaments preestructurals perquè es tracta d'idees que no s'han après significativament sinó que només s'han memoritzat i recordat.

Quant al nivell 2 de la qualitat de la justificació, s'han trobat un 17% de respostes. Es tracta de justificacions en les que apareixen idees abstractes i també els fets experimentals que s'han de justificar però l'escrit no relaciona els dos aspectes de manera que quedi clara la relació causa-efecte entre el fenomen i la teoria. Aquest categoria de resposta està indicant que no s'ha treballat prou els patrons lingüístics dels textos justificatius a la classe de ciències ja que la recerca ha evidenciat que quan aquests patrons es treballen de manera explícita, aleshores la

qualitat de les justificacions és major (Custodio, Marquez, & Sanmartí, 2015). En aquest sentit, només un 28% de les respostes s'han categoritzat com justificacions coherents que relacionen els fets del context amb idees científiques del model teòric. És a dir, una part de l'alumnat era conscient de la qualitat d'un text justificatiu sense que en aquell curs s'hagués treballat com elaborar aquest tipus de textos a la classe de ciències.

Un anàlisi més detallat de la informació global de la Taula 27 evidencia que la distribució de la tipologia de respostes depèn molt de la pregunta, ja sigui per la manera com està contextualitzada o per les idees abstractes del model teòric que s'han de mobilitzar. A continuació es farà un anàlisi dels tipus de respostes per a cada pregunta tot especificant les idees científiques que menys es van activar i les concepcions alternatives que va mostrar l'alumnat.

PREGUNTA 1:

Un equip de policia científica esta investigant un cas d'un acte terrorista. Es sospita d'un treballador d'una fabrica de petards. A l'escena del crim s'han trobat uns petards que emeten una llum vermella molt característica. Utilitzant el model atòmic de Bohr, respon a la pregunta: "d'on prové la llum vermella que emeten uns petards?"

Els fets del context que s'havien de justificar en aquesta pregunta són:

- Els petards com a substàncies.
- La llum vermella emesa.
- L'escalfament o el foc dels petards, aquest aspecte del context s'ha d'inferir.

Les idees científiques del model teòric de partícules (en concret, l'estructura interna de l'àtom) que són necessàries per a la justificació són:

1. L'emissió de llum està relacionada amb els electrons dels àtoms de les substàncies.
2. Els electrons estan distribuïts en nivells i poden canviar de nivell.
3. Quan els electrons absorbeixen energia tèrmica puguen de nivell.
4. Quan els electrons baixen de nivell emeten energia en forma de llum.

Taula 28. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 1 (N=31).

Categoria	Nivell	Quantitat de respostes	Percentatge
Respostes en blanc	-	6	19
Ús d'idees científiques	0	13	42
	1	4	23
	2	1	3
	3	2	6
	4	5	16
Ús d'idees alternatives	1	0	0
	2	25	81
Coherència de la justificació	1a	6	19
	1b	5	16
	2	6	19
	3	8	26

Sobre l'ús de les idees científiques observem que el 42% de l'alumnat no va fer servir idees científiques del model teòric per a justificar la seva resposta, mentre que el 16% va fer servir les 4 idees científiques anteriors i en alguns casos s'acompanyava l'explicació amb una representació gràfica del model com el que mostra la Figura 14; la resta de l'alumnat emprava algunes idees però no les 4, fet que relacionem amb el pensament uniestructural de l'alumnat (Sevian & Talanquer, 2014). Per exemple, apareixen respostes que afirmen que el color provenia del foc, de la reacció química o de la calor, totes elles idees científiques treballades al llarg del curs però que no estan relacionades amb els fets del context que s'han de justificar. També destaquem aquelles respostes en les que s'ha activat el pensament analògic amb l'experiment d'assaig a la flama (cremar

sals de metalls de la taula periòdica) que s'havia fet a l'aula però no es va activar el model teòric sobre estructura electrònica que es va construir a partir de l'experiment, per tant, en aquest cas la informació contextual ha promogut un pensament analògic ineficaç ja que l'anàleg no ha permès activar les idees científiques necessàries. La idea científica menys emprada de les quatre va ser la tercera, sobre l'absorció d'energia i els electrons que van a nivells superiors. La interpretació que es pot fer d'aquest resultat és que el fet del context que requeria aquesta idea científica s'havia d'inferir, és a dir, quan els fets a justificar no apareixen de manera explícita en l'enunciat de la tasca és esperable que l'alumnat no transfereixi el coneixement. Això ho relacionem amb la necessitat d'interpretar el context quan les activitats d'avaluació tenen un grau de contextualització elevat (Nentwig et al., 2009). A l'altre extrem trobem que la idea científica més emprada a les justificacions (un 35% de l'alumnat) va ser la número dos, sobre la distribució dels electrons en nivells i els canvis de nivell ja que es tracta d'una idea que es pot representar de manera gràfica i això facilita tant la seva comprensió com la seva aplicació.

Per aquesta pregunta no es van identificar idees alternatives descrites a la literatura per al model de partícules per a l'estadi de progressió que es va treballar amb l'alumnat. És habitual (fins i tot entre el professorat) mencionar que els electrons que es mouen i segons el model quàntic de l'àtom no es pot parlar de moviment dels electrons, ja que segons el principi d'incertesa de Heisenberg no es pot determinar la posició i el moment de l'electró i per tant no es pot descriure una trajectòria del seu moviment, però aquest idea no s'ha treballat amb l'alumnat.

Pel que fa a la coherència de les justificacions, les respostes estan repartides de manera força equilibrada entre els quatre nivells de la categoria. Un 19% només van descriure fets del context, un 16% van descriure el que s'havien estudiat del model de Bohr sense aplicar-ho a la situació plantejada, un altre 19% va relacionar els fets i el model de l'estructura atòmica però de manera poc coherent, com per exemple: "quan un àtom subeix un nivell fa una llum". I finalment, tan sols un 26% va construir justificacions coherents entre fets i idees científiques, de les quals una mica més de la meitat recullen tots les idees científiques del model i podrien considerar-se respostes molt completes, tant des del punt de vista científic com lingüístic. Un exemple de justificació de molta qualitat seria: "en els àtoms, els electrons estan en capes i poden baixar i pujar de capa, si un electró puja agafa energia i si baixa desprèn energia en forma de fotons, que són el que fa la llum". En quatre casos l'alumnat va confondre termes científics, en algun cas sense dir res més però en d'altres podria ser una confusió terminològica perquè comentaven canvis de nivells dels nuclis i potser la idea que tenien al cap era la dels electrons.

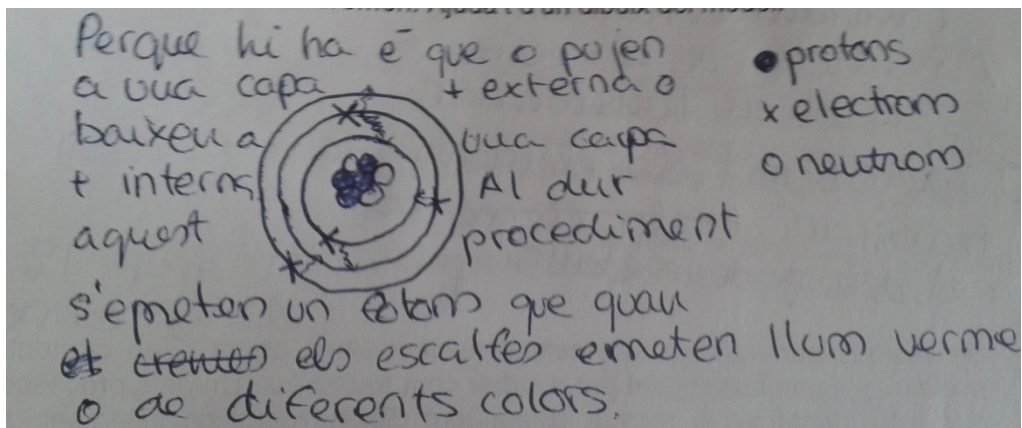


Figura 14. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 1.

PREGUNTA 2:

Des de sempre els humans hem volgut volar. A la figura teniu un dibuix d'un dels primers globus aerostàtics que van dissenyar els germans Montgolfier a França. El cremador escalfa l'aire que està a l'interior del globus i com més calent està aquest aire, més s'eleva el globus. Fent servir el concepte de densitat explica el funcionament d'aquests globus aerostàtics.

Els fets del context que s'havien de justificar en aquesta pregunta són:

- La necessitat d'escalfar l'aire.
- L'elevació del globus.

Les idees científiques del model teòric sobre les propietats de les substàncies que són necessàries per a la justificació són:

1. Quan l'aire s'escalfa es dilata, és a dir, ocupa més volum.
2. Si una massa d'aire es reparteix en un volum més gran, la seva densitat és redueix.
3. Es genera un empenyiment que eleva el globus perquè la densitat de l'aire calent és inferior a la de l'aire fred.

Taula 29. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 2 (N=31).

Categoria	Nivell	Quantitat de respostes	Percentatge
Respostes en blanc	-	11	35
Ús d'idees científiques	0	12	39
	1	4	13
	2	4	13
	3	0	0
Ús d'idees alternatives	1	4	13
	2	16	52
Coherència de la justificació	1a	10	32
	1b	1	3
	2	4	13
	3	5	16

Sobre l'ús de les idees científiques, observem que la majoria de l'alumnat (39%) no va fer servir el concepte de densitat per a justificar la seva resposta tot i que es demanava de manera explícita a l'enunciat, fet que ens indica que una part de l'alumnat no ha après prou significativament el concepte com per aplicar-lo en aquesta tasca. Crida l'atenció que cap alumne va fer servir les tres idees científiques anteriors de manera completa i relacionada per a justificar el fet. La resta de l'alumnat emprava la segona o la tercera o les dues idees alhora, però cap alumne va fer referència a la primera idea sobre relacionar el fet que escalfar provoca la dilatació de l'aire per relacionar l'augment de volum amb la menor densitat de l'aire calent. La tercera idea científica que relaciona l'empenyiment amb

la densitat va ser la més emprada per l'alumnat (26%). A la Figura 15 es mostra el cas d'un alumne que tot i no aplicar el concepte de densitat en la seva resposta si es va fer una transferència de coneixement físic sobre vectors pel fet de representar amb diverses fletxes la força d'empenyiment de l'aire calent sobre el globus. Cap de les respostes escrites recollides permet identificar un pensament analògic entre algun dels contextos d'aprenentatge i el nou context d'aplicació, per tant, podríem dir que la similitud entre el nou context i els treballats a l'aula (flotabilitat del les roques i funcionament d'un submarí) és baixa, o segons alguns autors (Dori & Sasson, 2013) la distància entre tasques és molt gran.

Les respostes amb idees alternatives que van aparèixer en les respostes van ser de dos tipus:

- En primer lloc, la substancialització de les propietats (Sanmarti, Izquierdo, & Watson, 1995) dient que "l'aire perd densitat i té menys substàncies", tal i com l'estudi indica, aquesta és una idea alternativa que persisteix fins i tot després de la instrucció en les propietats generals i característiques de la matèria.
- En segon lloc, dos alumnes tracten els termes escalfar i cremar com a sinònims. A l'enunciat de la tasca es parla d'escalfar l'aire i un alumne comença dient: "Quan cremes l'aire..." i un altre afirma que "l'aire es crema" per després parlar de la densitat sense cap relació entre els dos aspectes.

Pel que fa a les justificacions, les que es poden considerar coherents, d'acord amb la rúbrica que hem definit, han estat del 16%, un exemple seria: " aquest aire perd densitat i com l'aire dins del globus te menys densitat que l'aire que l'envolta doncs vola". Per altra banda, tindríem les respostes en que s'anomenen els fets del context (escalfar i elevar-se) i les idees científiques (en aquest cas la densitat) però es relacionen adequadament els dos aspectes, com per exemple: "l'aire calent té menys densitat i eleva el globus". El nombre de respostes que no activen cap idea científica i que només reformulen de manera tautològica la informació del context és força elevat (32%) i només un alumne va emprar el concepte de densitat sense connectar-lo amb cap fet del context, probablement va escriure allò que recordava sobre el concepte de densitat però no era capaç d'aplicar-ho en una situació concreta. Alguns alumnes han explicat raonaments de cerca d'anàlegs com per exemple pensar en el que fa el fum d'una xemeneia però el fet de trobar l'anàleg d'aire calent que s'eleva no sempre implica l'activació de les idees de la química necessàries per a construir la justificació. Una interpretació d'aquestes respostes es el fet que l'alumnat no ha sabut transferir el concepte de densitat àmpliament treballat a l'aula per a l'estat sòlid (roques, metalls, etc) a l'estat gasós. Probablement si s'hagués fet servir el concepte de densitat en algun context amb gasos (és a dir, ampliant encara més la diversitat de contextos al voltant del mateix

concepte) s'hagués facilitat que les relacions densitat-flotabilitat no haguessin quedat limitades al cas de sòlids en aigua per a una part de l'alumnat.

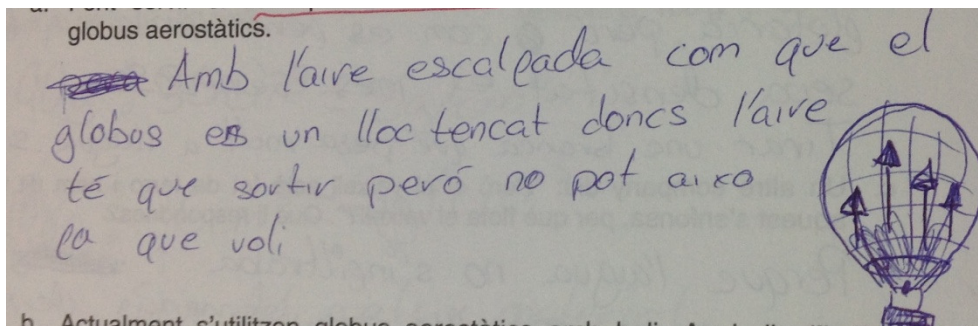


Figura 15. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 2.

PREGUNTA 3:

La Gasolina és un líquid volàtil que fa molta olor. Utilitzeu un model per a explicar què és la olor de la gasolina i per què és tan volàtil.

Els fets del context que s'havien de justificar en aquesta pregunta són:

- L'olor.
- La volatilitat d'un líquid.

Les idees científiques del model de partícules són:

1. L'olor és un gas, partícules que viatgen per l'aire fins al nas.
2. Quan un líquid passa a l'estat gasós les partícules que el formen es separen i dispersen.
3. Quan la unió entre les partícules del líquid és feble, aleshores el líquid s'evapora amb facilitat, és volàtil.

Taula 30. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 3 (N=30).

Categoria	Nivell	Quantitat de respostes	Percentatge
Respostes en blanc	-	15	50
Ús d'idees científiques	0	5	17
	1	5	17
	2	4	13
	3	1	3
Ús d'idees alternatives	1	4	13
	2	11	37
Coherència de la justificació	1a	2	7
	1b	3	10
	2	4	13
	3	6	20

El nombre de respostes en blanc és molt elevat (50%). Aquest fet pot ser degut a que es tracta d'una transferència molt llunyana per a la majoria de l'alumnat. Malgrat això, una altra possible causa que pot haver afectat la poca transferència en aquesta pregunta és el fet que era molt al final d'una prova escrita d'una hora de durada, en comparació a les altres preguntes que estaven situades més al mig o a l'inici d'una altra prova. Tot i que és només un factor, el fet d'estar concentrat durant molt de temps en la mateixa tasca pot resultar molt esgotador per a l'alumnat del grup investigat i pot haver contribuït a deixar-la en blanc.

Sobre l'ús de les idees científiques, observem que un 17% de les respostes no va emprar cap idea científica per a la justificació, i un altre 17% va realitzar pensar de

manera uniestructural ja que només va activar una idea clau del model. Només una alumna va fer servir les tres idees científiques anteriors, la resta de l'alumnat només emprava la primera i/o la segona. Aleshores, la idea científica que menys es va activar (3%) va ser la tercera sobre les unions entre les partícules per a justificar la volatilitat dels líquids, mentre que la idea que més alumnes van activar va ser sobre que la olor és un gas i per tant unes partícules (33%). La Figura 16 mostra un dibuix d'una alumna que representa les dues primeres idees científiques de manera gràfica i a més s'afegeix un nas per a reforçar la justificació del fet, en aquest cas l'olor. És interessant destacar que en una pregunta anterior de la mateixa prova es va demanar a l'alumnat que realitzes una tasca reproductiva molt habitual que consisteix en dibuixar i explicar la organització de les partícules en els tres estats de la matèria. Aquesta tasca la va realitzar amb èxit el 70 % de l'alumnat (millor els dibuixos que no les explicacions), per tant, això ens està indicant que ser capaç de recordar i descriure un model teòric no necessàriament indica que es sigui capaç d'aplicar-lo a situacions reals, és a dir, ser capaç de transferir aquest coneixement. Quant al pensament analògic entre contextos, no es va identificar cap resposta que permetés evidenciar-lo però és probable que internament l'alumnat hagi relacionat aquesta tasca amb una investigació que es va realitzar sobre les propietats d'algunes substàncies en el context dels contaminants de l'aire i l'augment de casos d'asma i al·lèrgia. En aquest experiment es va predir, observar i explicar el comportament del carboni grafit (semblant a les partícules PM10 que contaminen les ciutats), el diòxid de silici (component bàsic de la pols que s'acumula a les cases) el naftalè i el iode..

Les quatre respostes amb concepcions alternatives que es van identificar són:

- "Molècules inflamables" o "les molècules oloren"; atribuir propietats macroscòpiques a les entitats elementals, en certa manera, es tracta de la persistència de la visió continua de la matèria, ja que el sentit comú diu que si un sòlid es groc, les partícules que el constitueixen també ho han de ser. És a dir, aquest alumne no ha arribat a l'estadi de progressió del model en el que les propietats macroscòpiques emergeixen de la interacció entre entitats elementals (Talanquer, 2009).
- "es volàtil perquè té molt carboni" o "el H fa que faci mala olor". Aquesta idea prèvia s'ha anomenat "elementalisme" (Talanquer, 2009) i consisteix en que els elements químics tenen unes propietats que es passen a les substàncies en les que estan presents i per tant que les propietats de les substàncies són additives i són el resultat de la combinació dels elements constituents. Moltes de les idees prèvies de l'alumnat són semblants a algunes concepcions històriques sobre la matèria, per exemple la visió aristotèlica de la matèria formada per la combinació de quatre elements i que la proporció d'aquests explicava les propietats de la substància (Furió-Mas & Dominguez-Sales, 2007).

- "pels seus components". Es tracta de la substancialització de les propietats (Sanmarti et al., 1995), ja que l'alumnat pensa que l'olor o la volatilitat són una substància que conté la gasolina i que atorga aquesta propietat. Malgrat això, cal dir que a l'enunciat es deia que la gasolina és una mescla de més de 100 components i aquesta informació contextual pot haver afavorit que aparegués aquesta concepció alternativa sobre les mescles.
- Algunes respostes també expressen idees difícils d'interpretar ("serien pocs àtoms amb moltes partícules") o confusions amb la terminologia científica ("la gasolina fa olor perquè algunes molècules han sortit del àtom"), en aquest últim cas s'expressa la idea científica del model però no amb el vocabulari adient, per exemple caldria substituir la paraula "àtom" per "estructura".

Quant a les justificacions, sis respostes relacionen de manera coherent els fets de la informació contextual amb el model de partícules, com per exemple: "La olor son àtoms que s'escapen de l'estructura i es posen a l'aire llavors arriben al nostre nas. És volàtil perquè els seus enllaços no son resistents llavors fàcilment s'evapora". D'aquestes sis, només aquesta ha emprat les tres idees clau del model i es pot considerar una resposta totalment completa, les altres cinc no han justificat la volatilitat a partir de la feblesa de les unions entre les partícules. Fins i tot, aquesta resposta que citem és poc concreta pel que fa als enllaços (no especifica què és el que s'enllaça) i la paraula "resistent" segurament no és la més adequada per a descriure la intensitat o força de la unió. Quatre respostes esmenten els fets a justificar i les idees científiques però la relació entre elles no és prou consistent, com per exemple: "és un gas que el nostre nas olora a través de l'aire" però no es fa servir el model de partícules per a justificar de que està fet el gas i tampoc es raona d'on prové aquest gas. La resta de respostes són justificacions incompletes perquè: a) de manera tautològica es repeteix la informació contextual de la tasca i no s'activa cap idea científica; b) de manera reproductiva es descriuen algunes idees científiques sense connectar-les amb els fets a justificar, per tant, no es pot comprovar si és coneixement inert o transferible.

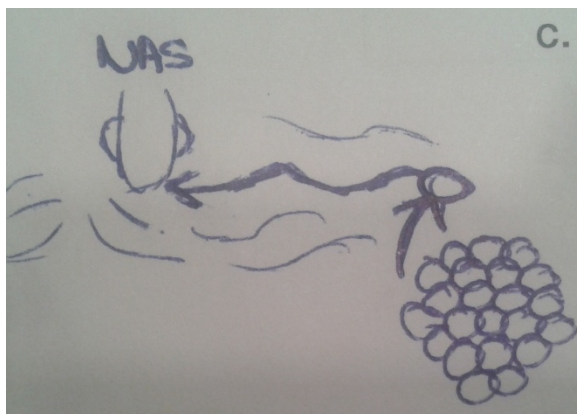


Figura 16. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 3.

PREGUNTA 4:

L'empresa AIR LIQUIDE és la més gran del món en comercialització de gasos com oxigen i nitrogen per a hospitals i submarinisme. Utilitza el model de partícules per a justificar perquè un augment de pressió en l'aire el pot tornar líquid.

Els fets del context que s'havien de justificar en aquesta pregunta són:

- El canvi d'estat de gas a líquid.
- L'augment de pressió.

Les idees científiques del model de partícules són:

1. En un gas les partícules estan separades i es mouen lliurement.
2. En un líquid les partícules estan juntes i el seu moviment es molt limitat.
3. Un augment de pressió per reducció del volum fa que les partícules estiguin més pròximes.

Taula 31. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 4 (N=26).

Categoria	Nivell	Quantitat de respostes	Percentatge
Respostes en blanc	-	4	15
Ús d'idees científiques	0	5	19
	1	2	8
	2	2	8
	3	13	50
Ús d'idees alternatives	1	4	15
	2	17	65
Coherència de la justificació	1a	1	4
	1b	3	12
	2	6	23
	3	12	46

El nombre de respostes en blanc (15%) és força baix en comparació a les altres preguntes, fet que suggereix que es tracta d'una transferència propera per a l'alumnat, ja sigui per la poca complexitat de les idees del model que cal mobilitzar però sobretot perquè aquest mateix context es va fer servir a l'aula va ser el mateix (veure l'annex 2), tot i que aquesta activitat en concret no es va realitzar. Es tractaria d'una transferència intracontextual ja que l'escenari és el mateix (treballar amb gasos a la indústria) però el fenomen a justificar és nou per a l'alumnat (avaluació productiva) tot i que semblant als plantejats a l'aula.

L'activació de les idees científiques ha estat majoritàriament multiestructural (el 50% va fer servir les tres idees científiques alhora, es mostra un exemple a la Figura 17) però un 8% va fer servir només una idea científica i un altre 8% en va fer servir dues. El 19 % de l'alumnat no va fer servir cap idea científica del model de partícules per a justificar el fenomen de la líquidació de l'aire. A més, les tres idees científiques van ser emprades per igual (58% cadascuna) i això pot suggerir que el grau de complexitat de cada idea és molt similar i per tant, totes tres són igual de fàcils d'activar per a justificar un fet. Un aspecte que pot haver contribuït a que el coneixement après sobre el model sigui transferible és haver seguit un procés modelització centrada en la indagació ja que la construcció dels models es va fer seguint una activitat científica escolar en la que es partia de les idees prèvies i aquestes es modificaven a partir dels resultats experimentals d'una activitat amb sensors. En comparació amb la pregunta anterior també sobre el model de partícules, entenem que les unions entre partícules són un estadi superior del model de partícules al qual tot l'alumnat no ha pogut arribar, en canvi, la distribució d'aquestes a l'espai ha estat fàcilment aplicat (Merritt, Krajcik, Arbor, & Shwartz, 2007). Només una resposta ens mostra de manera explícita el pensament analògic entre la situació d'aprenentatge i la tasca de transferència que es va proposar: "perquè amb una màquina es pressiona l'aire com si fos una xeringa". Aquest alumne s'imagina el procés de líquidació de l'aire com la compressió que van fer al laboratori amb la xeringa però a gran escala, ja que moltes alumnes en algun moment de l'activitat experimental amb el sensor de pressió van competir a veure qui arribava a la pressió més alta fent força sobre la xeringa i observant l'augment de pressió en el gràfic. Malgrat això, aquest alumna no ha activat cap idea científica del model teòric per a justificar el fenomen, per tant, malauradament el pensament analògic amb observacions experimentals no sempre implica activació d'idees abstractes.

Es van trobar tres respostes amb concepcions alternatives ben descrites a la literatura, com per exemple, que les partícules "s'encongeixen", "es fan líquides" o "les molècules canvien de forma" (Harrison & Treagust, 2002). Un altra concepció alternativa interessant apareix a la següent resposta: "amb una mena de productes es transforma". El fet de considerar la líquidació de l'aire un canvi químic pot estar relacionat amb que és un canvi d'estat molt poc quotidià i difícil d'imaginar ja que maig han vist aire líquid i poden pensar que conté substàncies noves. També es van trobar algunes preguntes de difícil interpretació ("si la pressió augmenta els àtoms de gas no es poden moure i han de fer alguna cosa perquè càpiguen") i d'altres possiblement deguts a la confusió entre termes científics ("al fer pressió l'aire es comprimeix tant que els seus electrons que es suposa que tenen espai per moure's comencen a no tindre i a estar pegats tots i doncs amb els e- tots junts es transforma de l'aire de gas a líquid") però la justificació sembla suggerir que el model mental de l'alumnat és l'adequat tot i que amb etiquetes diferents (electró per partícula).

Pel que fa a la coherència de les justificacions els resultats també són satisfactoris ja que la majoria de l'alumnat (46%) va elaborar un text justificatiu que anomenava els fets del context i les idees del model de manera interrelacionada, com per exemple el text i els dibuixos de la Figura 17. Un 23% de l'alumnat va elaborar relacions entre fets i idees poc coherents com per exemple, "pot estar separat sense tocar-se però a mes pressió les molècules es toquen i es fan líquides". En aquesta resposta, a part de la concepció alternativa que ja hem discutir, l'alumne no concreta com la pressió és la causa del canvi d'estat de gas a líquid ja que no compara l'estat de separació de les partícules entre els dos estats. Tal i com hem vist a les preguntes anterior, alguns alumnes no tenen clar el patró lingüístic d'un text justificatiu (Custodio et al., 2015) ja que o bé només inclouen fets de la informació contextual o bé només utilitzen les paraules àtoms o molècules sense relacionar-ho amb la pressió o el canvi d'estat, són exemples com. Ens crida l'atenció que les tres respostes que només parlen d'idees dels models sense connexió amb els fets són també tres respostes amb concepcions alternatives. Aquest resultat suggereix que l'alumnat que no ha reconstruït el seu model mental per a fer evolucionar el coneixement previ cap al model teòric, té moltes dificultats per a connectar el seu model mental amb fets i observacions del món real.

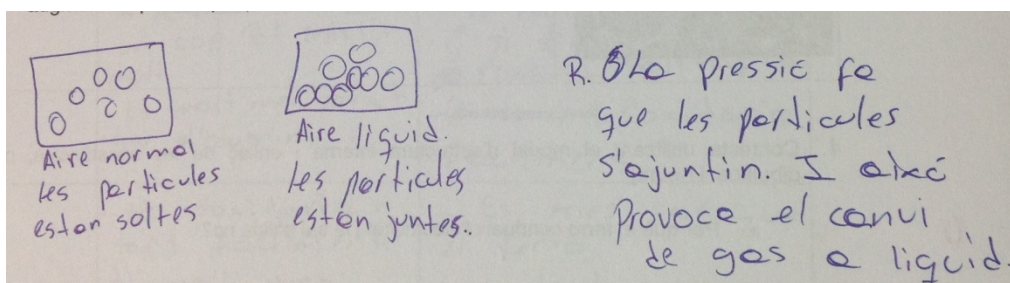


Figura 17. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 4.

PREGUNTA 5:

És molt perillós per a les persones tenir un cotxe encès en un lloc tancat com un garatge. Explicar per què fent servir idees de química treballades a classe.

Els fets del context que s'havien de justificar en aquesta pregunta són:

- El perill per a les persones.
- El cotxe encès en un lloc tancat.

Les idees científiques del model canvi químic que es poden aplicar en aquesta tasca són:

1. La combustió és un canvi químic que transforma la gasolina en CO₂ i vapor d'aigua i consumeix oxigen.
2. Els humans necessitem oxigen per respirar.
3. Una combustió incompleta produeix monòxid de carboni que és tòxic per als humans.

Taula 32. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 5 (N=30).

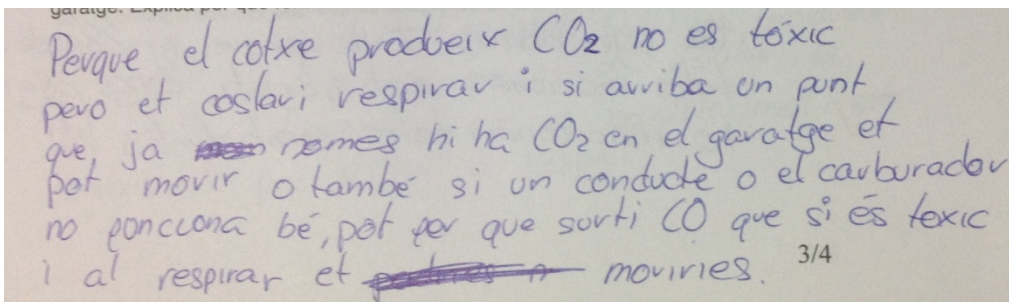
Categoria	Nivell	Quantitat de respostes	Percentatge
Respostes en blanc	-	5	17
Ús d'idees científiques	0	7	23
	1	8	27
	2	8	27
	3	2	7
	Ús d'idees alternatives	1	7
Coherència de la justificació	2	18	60
	1a	4	13
	1b	1	3
	2	7	23
	3	13	43

Per aquesta pregunta el nombre de respostes en blanc va ser només del 17%, força baix en comparació a les anteriors. Els motius pels quals aquesta pregunta va ser una transferència molt propera poden ser: 1) pel contingut contextual, és a dir, per la facilitat amb la que va promoure el pensament analògic (que algun alumne fins i tot explicita) amb l'activitat de la caldera que va matar una família mentre dormia ja que aquesta activitat va captar moltíssim el seu interès per la gran rellevància personal que tenia, ja que tots tenen una caldera a casa. Alguns van admetre que ara tenien por i el seu coneixement sobre la combustió els va moure cap a una presa de decisions, van insistir a les seves famílies en la importància de la revisió periòdica de les calderes; 2) l'altre motiu pot ser pel contingut conceptual, ja que només calia tenir clara una idea clau del model canvi químic "transformació de les substàncies, es consumeixen els reactius i es generen productes" que a més no es tracta d'una idea de molta complexitat ja que s'hauria d'haver construït en cursos anteriors.

Només dos alumnes (7%) van utilitzar les tres idees científiques esmentades per a construir la justificació i un 23 % no va utilitzar cap d'aquestes tres idees, sinó que les seves respostes van consistir en: 1) raonaments tautològics sobre els fets del context que no aportaven cap informació addicional a la que ja es proporcionava; 2) concepcions alternatives; 3) raonaments difícils d'interpretar que no mobilitzen el model canvi químic, com per exemple: "perquè en garatge a vegades fa molta calor i el cotxe pot tenir foc"; 4) idees correctes però del model de partícules que no permetien justificar els fets exposats, com per exemple: "perquè les molècules de gasolina s'ajunten amb les d'oxigen, fent que les de gasolina com les d'oxigen facin l'olor particular de les molècules de la gasolina". La resta es van repartir en un 27% que només va fer servir una idea científica (pensament uniestructural) i un altre 27% que en va fer servir dues. En aquesta tasca, es podria considerar que hi ha 2 perills a identificar: la pèrdua d'oxigen i la generació de monòxid de carboni, i amb un dels dos factors ja es podria considerar com acceptable la resposta, tot i que valorem especialment els dos alumnes que van mencionar les dues alhora (veure Figura 18). De les tres idees científiques, la primera va ser la més emprada en el raonament amb un 53%, la majoria afirmaven que es generava diòxid de carboni i una minoria afegia que també vapor d'aigua. Les altres dos idees només van ser utilitzades per un 23% cadascuna. Degut al context d'aprenentatge que es va fer servir sobre la Caldera que va matar la família mentre dormia, haguéssim pensat que la idea més emprada hauria d'haver estat la del monòxid de carboni; i no disposem de cap dada que ens porti informació sobre el poc ús d'aquesta idea. Pel que fa al pensament analògic entre contextos com a mecanisme activador de les idees abstractes, hi ha una resposta que l'explicita clarament: "perquè si respires molt del gas que es desprèn el cotxe et pots intoxicar, ho vam veure amb un context d'una caldera espallada que desprenia un gas tòxic i nociu". En general, moltes de les respostes empen les idees de manera incompleta ja que no es concreta quins gasos es consumeixen/formen, com té lloc el procés, i no es fa servir en cap cas els termes combustió, canvi químic o reacció química.

Es van donar cinc respostes amb la mateixa idea alternativa: "El CO_2 és molt tòxic i perillós per a les persones", potser degut a que el confonen amb el monòxid de carboni o perquè associen diòxid de carboni al fum dels cotxes, les cigarretes, etc. Malgrat això, s'havia comentat a l'aula que el diòxid de carboni és una substància pura que és un gas incolor i inòcua que viatja tranquil·lament per tot l'aparell circulatori, tot connectant amb el que havien fet a biologia sobre l'aparell respiratori i la respiració cel·lular. Les altres idees alternatives que s'han identificat són: 1) emprar l'expressió "gasos químics que fan mal al cos" que suggereix que l'adjectiu químic és sinònim de tòxic i dona a entendre que hi ha gasos que no són químics, potser l'aire. 2) tractar fum i gas com a sinònims, quan a través del context "Què és el foc?" es va experimentar amb la flama d'una espelma per a evidenciar que el fum conté partícules sòlides en suspensió.

Pel que fa a la qualitat de les respostes com a textos justificatius, ens trobem a una majoria de respostes que justifiquen de manera coherent els fets a partir d'idees científiques (43%), tot i que en la majoria dels casos només es fan servir una o dues idees científiques per a construir el raonament i només dos alumnes fan raonaments que recullin els dos factors, com el de la Figura 18. El nombre de respostes que només parlava dels fets o només de les idees va ser força reduït (en conjunt un 16%) i es tracta de les respostes pràcticament tautològiques que hem s'han discutit abans. Per altra banda, un 23 % de l'alumnat mencionava fets de l'enunciat i algunes idees clau del canvi químic (sobretot la generació de CO_2 o el consum d'oxigen) però la relació que s'estableix entre els dos no deixa clara una relació causa-efecte, com per exemple: "perquè el CO_2 va contaminant el espai això dificultaria poder respirar".



Perquè el cotxe produeix CO_2 no es tòxic però et costaria respirar i si arriba un punt que ja ~~no~~ només hi ha CO_2 en el garatge et pot morir o també si un conductor o el carburador no funciona bé, pot ser que sorti CO que sí és tòxic i al respirar et ~~potries a~~ moriries. 3/4

Figura 18. Resposta d'un alumne per a la pregunta 5.

PREGUNTA 6:

Quan vareu néixer els vostres pares van plantar un arbre. En aquell moment pesava 3 g. Ara que han passat uns 15 anys resulta que l'arbre pesa uns 35 kg. Fes una explicació detallada (6-7 línies) de l'augment de massa de l'arbre i utilitza conceptes de química que hem treballat en aquesta unitat.

Els fets del context que s'havien de justificar en aquesta pregunta són:

- Augment de massa de l'arbre.

Les idees científiques del model canvi químic que es poden aplicar en aquesta tasca són:

1. Les plantes poden fer la fotosíntesi: capten aigua, sals minerals i diòxid de carboni per a transformar-los.
2. Les plantes són organismes autòtrofs: fabriquen els seus nutrients i a més produeixen oxigen.
3. El tronc, les fulles i les branques de les plantes estan formades pels nutrients que elles mateixes fabriquen.

Taula 33. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 6 (N=30).

Categoria	Nivell	Quantitat de respostes	Percentatge
Respostes en blanc	-	8	27
Ús d'idees científiques	0	8	27
	1	7	23
	2	7	23
	3	0	0
Ús d'idees alternatives	1	12	40
	2	10	33
Coherència de la justificació	1a	6	20
	1b	6	20
	2	4	13
	3	6	20

El percentatge de respostes en blanc es va situar per sobre de la mitjana (27%) i aquesta dada podria ser un indicador de que la tasca era una transferència llunyana. En principi la similitud entre els contextos era força notable, el context d'aprenentatge sobre la fotosíntesi va ser la història d'un cacahuet, des que el genera la planta fins que en el mengem, tot incloent un experiment de combustió per estimar la quantitat d'energia que s'obté d'un cacahuet i l'explicació de la fotosíntesi en comparació a la respiració cel·lular. Un factor que pot haver contribuït negativament en la motivació de l'alumnat per respondre va ser el fet de

marcar un mínim de línies en el text justificatiu, tal i com van comunicar a les entrevistes l'alumnat mostra un cert rebuig per l'escriptura.

En cap de les respostes es va identificar un pensament analògic explícit amb alguna de les situacions plantejades a l'aula, tot i que una alumna si va fer una analogia entre el creixement d'un nadó i el de l'arbre: "perquè quan era petit era una planta i per els anys que te pesa perquè gràcies al oxigen al aigua al sal creix te fulles, fruits rames, com els nens petits quan neixen pesen poc però amb el temps els creixen els ossos". Malgrat que l'analogia podria haver estat productiva, es va dur a terme d'una manera massa superficial i no es va activar el coneixement sobre el canvi químic; tenint en compte que l'alumna és A6 (de baix nivell cognitiu per ser alumna d'aula d'acollida) és probable que l'alumna no hagués après significativament el model.

Els resultats de la categoria sobre l'ús de les idees científiques destaquen pel fet que cap alumne va emprar les tres idees científiques alhora en el seu text justificatiu. Les respostes de l'alumnat es van repartir equitativament entre els que no van emprar cap idea científica sobre el model canvi químic (27%) i els que van emprar una o dues idees científiques de les tres esmentades (23% cadascun). És a dir, totes les respostes eren incompletes des del punt de vista de l'aplicació del model teòric. La primera idea científica, sobre els reactius necessaris per a dur a terme la fotosíntesi va ser la més activada per l'alumnat (47%) però en canvi pocs alumnes van relacionar la tasca amb les substàncies que s'obtenen mitjançant la fotosíntesi (13%) i el paper dels nutrients en el creixement de l'arbre (10%). En general, pocs alumnes van emprar els termes reacció, canvi químic o transformació de les substàncies en la seva justificació. Pel que fa a la terminologia científica de les idees del model es van detectar varies confusions, per exemple, a la Figura 19, l'oxigen i el diòxid de carboni haurien d'estar al revés i tampoc quedar clara quina paraula fa servir per als nutrients (fusta o potser suro). Amb les dades de que disposem no es possible justificar si la confusió és deguda a una confusió de l'etiqueta que es fa servir per a la idea o si és la idea del model mental de l'alumne la que és equivocada.

Es van identificar moltes respostes (40%) amb diverses idees alternatives:

- la fotosíntesi com una barreja de les substàncies que capta la planta i no com un canvi químic que genera noves substàncies: "Els arbres per alimentar-se i créixer fan la fotosíntesi que consisteix en agafar aigua i sals minerals del terra i llum solar del sol, això es barreja a les fulles i es forma la clorofil·la". Un altra alumna va raonar de manera semblant argumentant que l'augment de massa era degut a l'acumulació dels gasos que capta l'arbre a través de les fulles, és a dir, no va mobilitzar cap idea sobre la transformació de les substàncies.

- en algunes respostes s'afirma que les plantes s'alimenten o absorbeixen els nutrients gràcies a la fotosíntesi, quan s'hauria de dir que es sintetitzen, fabriquen o generen els nutrients. Es tracta d'una idea prèvia equivocada pel solapament entre el significat quotidià i el científic dels termes nutrient i aliment, ja que a la vida quotidiana és molt habitual tractar-los com sinònims.
- Un alumne va entendre la fotosíntesi com un procés d'obtenció d'energia: "perquè l'arbre quan va passant els temps s'alimenta d'aigua i sals minerals i això li dona energia perquè poc a poc vagi creixent". A partir del que es va treballar a l'aula sobre la combustió del cacahuet, l'alumnat hauria de ser capaç de diferenciar el caràcter endoenergètic de la fotosíntesi i l'exoenergètic de la respiració cel·lular.

A continuació destacarem una resposta original ja que, a priori, sembla una aplicació de la llei de la conservació de la massa: "quan l'arbre fa la fotosíntesi agafa aigua i sals minerals de la terra, CO₂ de l'aire i amb la llum del sol fa la fotosíntesi. Durant els anys l'arbre ha estat agafant tota aquesta matèria i aquesta massa pesa". Aquest raonament és aparentment astut i coherent però té dos punts febles: 1) durant la fotosíntesi es genera oxigen gasós, per tant la massa d'aquest no es queda a l'arbre; 2) l'arbre també realitza la respiració cel·lular que transforma els nutrients fabricats per la fotosíntesi en diòxid de carboni i vapor d'aigua, una altra part de la massa dels gasos que tampoc s'acumula a l'arbre.

L'anàlisi de la categoria sobre les respostes com a justificacions va mostrar una distribució força equilibrada entre els nivells de la categoria. Per ordre creixent de qualitat de la justificació ens trobem: 1) un 20% de respostes tautològiques o que només reformula alguna idea de les proporcionades pel context per sense emprar idees abstractes de la ciència; 2) un altre 20% va fer exactament el contrari, va esmentar moltes idees de química però sense connectar-les amb l'augment de massa de l'arbre, que era el fet que s'havia de justificar; 3) un altre 13 % va relacionar el fet amb algunes idees científiques però de manera poc coherent, com per exemple, "aquest augment es degut a que les plantes fan la fotosíntesi que consisteix en agafar CO₂ glucosa i aigua i expulsen O₂ "; malgrat que l'alumna parla de l'augment al principi, les idees exposades a continuació no és relacionen amb cap augment de massa. 4) Finalment, un 20% de l'alumnat va elaborar un text justificatiu coherent pel que fa a la relació entre l'augment de la massa i les idees sobre la fotosíntesi.

com l'arbre que agafa nutrients per a créixer te que fa la fotosíntesi
 que consisteix en agafar nutrients del terra com les
 sals minerals, Aigua H_2O (aigua), O_2 (oxigen)
 i rebre llum solar, llavors el que fa la planta és
 mitjançant reacció solar, transformar les sals minerals, el O_2 i el
 H_2O en menjar per a poder créixer. Aquest procés es li diu fotosíntesi.

Figura 19. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 6.

SÍNTESI

Com a síntesi de la discussió sobre les dificultats detectades a les proves escrites sobre transferència, conclouem que es poden agrupar en les següents tipologies:

- Activació d'idees alternatives: si durant el procés d'aprenentatge previ a la demanda de transferència no s'han fet emergir les concepcions alternatives de l'alumnat, és molt probable que quan aquest s'enfronti a una activitat de transferència les faci emergir per primer cop, ja que aquestes tasques li suposen produir (avaluació productiva) una resposta nova a partir dels seus models mentals. Si les idees del model teòric s'han superposat a les alternatives sense modificar aquestes és probable que aquestes tinguin prioritat a l'hora d'activar els coneixements per a realitzar una tasca. Fins i tot, després d'haver-les treballat a l'aula poden seguir apareixent en tasques d'avaluació individuals, ja que tal i com es destaca a la literatura són idees molt persistents que no es modifiquen fàcilment mitjançant l'ensenyament convencional (Solbes et al., 2006). Per tant, destaquem la importància de construir els models teòrics a partir de les idees dels alumnes i oferint a l'alumnat moltes oportunitats al llarg de tot el procés d'aprenentatge per a fer-les emergir en discussions col·lectives però també en petit grup, ja que és un entorn que afavoreix que s'expressi l'alumnat més tímid.
- Activació parcial de les Idees científiques adequades: és molt habitual en l'alumnat el raonament uniestructural, segons el qual una tasca implica l'activació d'una sola idea o com a molt una relació entre dues idees. Per aquest motiu, tal i com detallarem més endavant, considerem que les

activitats de transferència en les que només es requereixi una idea científica senzilla haurien de ser transferències properes. Per altra banda, si hi ha moltes idees científiques implicades en la tasca, la transferència es complica i passa a ser una transferència més llunyana que requereix el pensament multiestructural i relacional, és a dir, activar diverses idees científiques (que poden ser del mateix model teòric o fins i tot de diferents) i establir relacions entre elles per a justificar el fenomen. Per tant, destaquem la importància de promoure l'ús de raonaments que interrelacionen varies idees per tal de desenvolupar la capacitat de transferir de l'alumnat però caldrà acompanyar aquest procés d'estratègies de regulació metacognitiva que ajudin a l'alumnat a estructurar el coneixement (idees clau i relacions entre elles) i identificar els seus errors (per exemple, pensament uniestructural o pensament no relacional) per tal d'ajudar-lo a planificar accions que desenvolupin la seva competència científica (Sevian & Talanquer, 2014). Aquest tipus d'activitats també hauria de contribuir a evitar les respostes que no activen idees científiques, és a dir, les respostes en blanc o les tautològiques.

- Activació d'idees científiques no pertinents: una crítica habitual del professorat envers el context és que és un distractor per a la realització de la tasca que promou l'ús d'idees científiques que no són les que requereix la justificació del fenomen. Aquest argument pren força quan l'alumnat només ha après a través de mètodes d'ensenyament descontextualitzat (és a dir, centrat en l'aprenentatge d'idees científiques i la construcció de models teòrics) i s'enfronta per primer cop a una prova contextualitzada (per exemple, algunes proves d'accés a la Universitat o les proves del PISA) és probable que li costi activar les idees necessàries en el context real. Atès que l'escola ha de ser una institució que prepari per a la vida futura com a ciutadà en el món real, destaquem la importància de que les activitats d'aula siguin el més properes a aquesta vida futura i real i facilitar a l'alumnat la tasca de diferenciació entre continguts contextuais i conceptuals i l'activació de les idees científiques pertinents per a cada context i cada problema. Per tant, estem d'acord amb Nentwig et al. (2009) quan afirmen que cal promoure l'ús d'activitats d'avaluació amb un alt nivell de contextualització en les que el context no es només un pretext, sinó que és informació rellevant que cal saber separar, que és exactament el que passa en la resolució d'un problema real incrustat en el seu context.
- Pensament analògic entre situacions d'aula i el context d'aplicació. A través de respostes escrites es poc probable identificar el pensament

analògic de l'alumnat. Malgrat això, alguns alumnes han emprat aquest pensament per tal de relacionar la tasca demanada amb: contextos d'aprenentatge dels que s'han treballat, experiments o situacions quotidianes que no s'han comentat a l'aula però que formen part del bagatge cultural de l'alumnat. Per altra banda, el pensament analògic pot tenir lloc de manera subconscient o de manera conscient però sense plasmar-ho per escrit i que calen entrevistes estructurades de "Pensar en veu alta" per a identificar aquest tipus de raonament.

- Elaboració de textos justificatius coherents. A través de l'anàlisi de les respostes escrites hem detectat moltes dificultats per a elaborar justificacions coherents: 1) respondre de manera sedimentològica, és a dir, dient aproximadament el mateix que diu l'enunciat pel que a la informació contextual sobre els fets; 2) respondre enunciant idees científiques abstractes que es recorden però sense connectar-les amb els fets a justificar, per tant, o bé no s'han après significativament com per a transferir-les a noves situacions o potser es desconeix els element d'un text justificatiu de qualitat; 3) respondre enunciant idees abstractes i els fets del context però sense elaborar un redactat que permeti constatar una relació coherent entre ambdós móns, el de les observacions experimentals i el de les teories científiques.

5.4 Subobjectiu 2.3: Sobre l'estudi comparatiu al transferir

- Subobjectiu 2.3:

Comparar la capacitat de transferir i la vocació científica d'un grup d'alumnes que ha seguit un ensenyament contextualitzat i integrador amb altres grups d'alumnes i analitzar les possibles causes de les diferències identificades.

Les dades emprades per aquest subobjectiu van ser:

1. Les respostes de l'alumnat de tots els grups al qüestionari que s'ha descrit al capítol 3 i que inclou sis qüestions per avaluar la capacitat de transferir (veure la Taula 7 o l'annex 6) de l'alumnat i una pregunta sobre l'interès en continuar estudiant física i química en cursos posteriors. Totes les proves escanejades es poden trobar a l'annex 9.
2. Les transcripcions de les entrevistes al professorat participant (Annex 5) i les proves escrites lliurades pels professors participants.

A continuació es mostren les rúbriques emprades per a l'anàlisi de les dades anteriors i es discutiran els resultats quantitius i qualitius obtinguts.

5.4.1. L'anàlisi de les dades

DADES SOBRE L'ALUMNAT

L'anàlisi de les respostes de l'alumnat a les sis tasques escrites de transferència es va dur a terme a partir de la rúbrica de la Taula 34. La rúbrica es va elaborar a partir de la versió modificada de la taxonomia SOLO, (en anglès, estructura dels resultats d'aprenentatge observats, Biggs & Collis, 1982) que es va a trobar aplicada al cas del coneixement químic a Sevian & Talanquer (2014) i que s'ha relacionat amb l'anàlisi de les dificultats de l'alumnat al transferir del subobjectiu anterior pel que fa a l'ús de les idees científiques i la coherència del text justificatiu.

Taula 34. Rúbrica amb les categories del nivell de qualitat de la transferència.

Nivell	Nom de la categoria	Descriptor	Ús de les Idees científiques del model	Qualitat de la justificació
0	Preestructural	No utilitza cap idea científica que serveixi per a justificar els fets del nou context perquè no en cita o les que cita no són pertinents al fet o són concepcions alternatives.	Cap o en fa servir d'alternatives	No pertinent o tautològica
1	Uniestructural simple	Utilitza parcialment les idees científiques però no estableix una relació coherents entre els fets del context i les idees que els justifiquen.	Només activa algunes	No fa una relació coherent entre els fets del context i les idees abstractes

2a	Uniestructural relacional	Utilitza parcialment les idees científiques i estableix una relació coherent entre els fets del context i les idees que els justifiquen.	Només activa algunes	Relaciona de manera coherent els fets del context i les idees científiques
2b	Multiestructural simple	Utilitza totes les idees científiques però no estableix una relació coherent entre els fets del context i les idees que els justifiquen.	Activa totes les idees	No fa una relació coherent entre els fets del context i les idees abstractes
3	Multiestructural relacional	Utilitza totes les idees científiques i estableix una relació coherent entre els fets del context i les idees que els justifiquen.	Activa totes les idees	Relaciona de manera coherent els fets del context i les idees científiques

A continuació es mostra un exemple de resposta de cada tipus per a la pregunta 3 de la Taula 8:

"Els envasos dels esprais posen a l'etiqueta que no es poden exposar a temperatures superiors a 50°C. Utilitza el model de partícules per a fer una predicció de què podria passar si s'escalfessin per sobre d'aquesta temperatura. Justifica la teva resposta."

- Resposta de nivell 0: "es gas quan escalfem es queda la llaua es queda líquid no farà olor". Dóna una resposta sense idees científiques significatives (només una menció als estats líquid i gas), però amb mencions a la olor que no són pertinents.
- Resposta de nivell 1: "si ho escalfa pot arribar a explotar". Relaciona l'augment de temperatura amb un augment de pressió però no el justifica en termes de partícules.
- Resposta de nivell 2a: "que s'escalfarien molt i provocaria que explotes perquè té gas que estan molt apretades". Relaciona l'augment de

temperatura amb el de pressió i tot i no parlar de partícules si que reconeix una falta d'espai per a la matèria.

- Resposta de nivell 2b: "les molècules líquides dins del recipient si l'escalfem tant les molècules se separarien tant que en el recipient no hi ha espai i això produiria una explosió". Utilitza les idees de temperatura, pressió i partícules però no comenta l'augment de velocitat de les partícules, ni els xocs amb les parets. A més, seria convenient parlar de molècules del líquid enlloc de molècules líquides, que fa pensar en la concepció alternativa d'atribuir propietats microscòpiques a les entitats elementals.
- Resposta de nivell 3: "Al calentarlo els àtoms se aceleran y comienzan a moverse con mas velocidad aciendo que al moverse tanto y choquen contra las paredes del recipiente y entre ellos el resipiente estalla". Relaciona correctament els conceptes de pressió, temperatura, velocitat de les partícules i xocs per a justificar una possible explosió.

Un cop aplicada la rúbrica a les respostes de l'alumnat obtenim els següents resultats quantitius organitzats en dues taules (l'Excel amb l'anàlisi de les dades es troba a l'annex 7):

- La Taula 35 mostra la mitjana del nivell de qualitat de la transferència obtingut per l'alumnat de cada institut per a cada pregunta, així com la mitjana de tot el grup.
- La Taula 36 mostra la quantitat de respostes de cada nivell de transferència de l'alumnat de cada institut.

Taula 35. Capacitat de transferir de l'alumnat a la prova escrita a partir de l'aplicació de la rúbrica per a la qualitat de la transferència a cada pregunta.

Institut	1	2	3	4	5	6	Mitjana de l'institut
E	0,8	0,5	1,0	0,5	0,1	0,7	0,6
B	1,0	0,6	1,1	1,1	0,4	0,7	0,8
F	1,9	1,8	1,6	1,3	0,7	1,2	1,4
Europa	1,6	0,9	2,0	2,1	1,3	0,9	1,4
Mitjana de la pregunta	1,3	1,0	1,4	1,3	0,6	0,9	Mitjana total = 1,1

Taula 36. Distribució de la quantitat de respostes de cada nivell de transferència de l'alumnat de cada institut.

Institut	Nivell 0	Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3
E	160	94	20	14
B	113	81	20	26
F	43	65	51	39
Europa	57	36	47	45

Pel que fa a la continuïtat dels estudis científics, es va preguntar a l'alumnat si tenia intenció de triar la matèria optativa de física i química el curs següent i el motiu pel qual ho feia o no. Es fa ver una anàlisi quantitatiu i qualitatiu de les respostes que es mostra a la Taula 37. Cal destacar que un cert nombre d'alumnes no ho tenen clar encara. Pel que fa als motius, les categories identificades van ser:

1. Motivació/desmotivació intrínseca (I): es refereix als motius relacionats amb el propi plaer o interès per la matèria. S'associa a frases com "m'agrada" o "no m'interessa".
2. Percepció d'autoeficàcia positiva o negativa (P): es refereix a la percepció de l'alumnat de que està capacitat per a tenir èxit a la matèria. S'associa a frases com "se'm dóna bé" o "és massa difícil per a mi".
3. Motivació/desmotivació extrínseca (E): es refereix als motius relacionats amb la necessitat de fer-ho per ser un requisit per aconseguir un altre objectiu que sí té motivació intrínseca. S'associa a frases com "ho necessito pel que vull fer" o "no vull fer batxillerat científic".
4. Altres (O): més habitual en l'alumnat que no triaria la matèria, alguns exemples d'aquesta categoria són el fet que la física i química vagi acompanyada de matèries de les que volen fugir (com per exemple matemàtiques o biologia), també per ser la opció menys dolenta de les possibles d'opcions o aquelles respostes que no es podien interpretar.

Aquest anàlisi està d'acord amb estudis més extensos realitzats sobre la opinió de l'alumnat sobre la tria o no d'itineraris científics (Marbà & Márquez, 2010).

Taula 37. Percentatge d'estudiants que vol fer física i química a 4t per a cada grup de l'estudi indicant els motius que han exposat.

Institut	Sí	I	P	E	O	No	I	P	E	O	No sap o no contesta
E	42	35	2	6	0	46	12	12	17	4	12
B	15	5	2	7	2	83	25	45	10	2	2
F	39	21	0	18	0	55	6	12	33	3	6
Europa	63	42	10	10	0	35	3	16	12	4	2

DADES SOBRE EL PROFESSORAT

La Taula 38 mostra els cinc components del model per al CDC proposat per Magnusson, Krajcik, & Borko (1999) i com aquests són descrits i interpretats per Alvarado et al. (2015) per avaluar el CDC de deu professors de química a Mèxic quant a la docència del tema de pH i acidesa. Aquests components es van prendre com a punt de referència per a l'elaboració d'unes categories del CDC més relacionades amb l'avaluació, la contextualització i la resta d'aspectes didàctics del marc teòric de la tesi que segons la literatura revisada poden contribuir al desenvolupament de la capacitat de transferir.

Taula 38. Categories del CDC dels referents teòrics. Font: Alvarado et al. (2015)

Número	Component del model per a CDC	Descripció
1	Orientació de l'ensenyament de la ciència	Inclou les creences sobre com s'hauria d'ensenyar la ciència de manera combinada amb determinades metodologies d'instrucció, per exemple, l'ús d'aspectes d'història de la ciència o relacions amb l'entorn quotidià.
2	Coneixement i creences sobre el currículum	Inclou el coneixement i habilitat d'articular objectius d'aprenentatge tenint en compte la progressió d'aprenentatge dels estudiants.
3	Coneixement sobre com l'alumnat aprèn ciències	Inclou el coneixement del professorat de les idees precursors i habilitats que els estudiants necessiten per aprendre un concepte científic i aquells aspectes on l'alumnat tindrà dificultats.
4	Coneixement sobre l'avaluació del coneixement científic	Inclou el coneixement del professorat sobre quins són els aspectes més importants de l'aprenentatge que cal avaluar sobre un determinat contingut i com es poden avaluar a la pràctica docent.
5	Coneixement sobre les metodologies d'instrucció	Inclou estratègies per ensenyar ciències tot reconeixent la validesa de cada estratègia per a cada objectiu.

La proposta de categories del CDC per analitzar i interpretar les transcripcions de les entrevistes al professorat es mostren a la Taula 39. Recull aquelles característiques del coneixement didàctic del contingut (CDC) que suposem que són possibles promotors de la capacitat de transferir. A la

Taula 40 es mostra la justificació del motiu pel qual cada aspecte del CDC pot promoure la capacitat de transferir d'acord amb els referents teòrics revisats i els resultats del subobjectiu anterior d'aquesta recerca.

Taula 39. Categories del CDC identificades a partir dels referents teòrics, les dades recollides a través de les entrevistes i les proves escrites lliurades.

Aspecte didàctic de la revisió del marc teòric	Descripció	Relació amb els components de la Taula 38
Activitat científica escolar	Integració dels experiments de laboratori amb l'aprenentatge de les teories científiques mitjançant processos de modelització	Es relaciona amb la component 5
Avaluació de la competència científica	Avaluació de la capacitat d'aplicar coneixement científic en situacions reals i similars a les presents a la vida quotidiana.	Es relaciona amb el component 4
Regulació metacognitiva	Organització d'activitats de co i autoavaluació, així com compartir els objectius d'aprenentatge i criteris d'avaluació per tal de fer-ne un seguiment periòdic del seu grau	Es relaciona amb el component 4 però també amb el 5
Contextualització	Ús de contextos reals o versemblants de l'entorn de l'alumnat com a fils conductors de l'aprenentatge de les idees clau seleccionades sobre un model teòric important de la ciència	Es relaciona principalment amb el component 1
Idees clau i models teòrics	Selecció de les idees clau dels models teòrics, les seves interrelacions i la seva estructuració i jerarquització però també conèixer les principals concepcions alternatives.	Es relaciona amb el component 2 i el 3

Taula 40. Justificació teòrica de com els aspectes didàctics del CDC seleccionats poden promoure la capacitat de transferir de l'alumnat.

Aspecte didàctic de la revisió del marc teòric	Promou la transferència perquè...
Activitat científica escolar	Es promouen processos de modelització a través d'activitats que promouen l'aprenentatge actiu interrelacionant el pensament científic, el treball pràctic dels científics i el llenguatge científic, i aquesta interrelació contribueix a un aprenentatge significatiu de les idees clau que pot facilitar que aquestes s'activin en altres situacions.
Avaluació de la competència científica	Les activitats d'avaluació productiva i contextualitzada són una oportunitat perquè l'alumnat utilitzi el pensament analògic entre contextos d'aprenentatge i altres nous contextos i l'activació d'idees abstractes en contextos concrets. Tal i com s'ha justificat anteriorment, el pensament analògic i l'activació d'idees abstractes són dos mecanismes mentals que promouen la capacitat de transferir.
Regulació metacognitiva	S'ofereixen oportunitats perquè l'alumnat sigui conscient dels seus progressos però també de les seves dificultats, de manera que es facilita que pugui dissenyar estratègies per a gestionar els seus errors. Per tant, aquestes activitats contribueixen a que l'alumnat progressi en la seva capacitat d'aplicar coneixement a situacions reals, és a dir, transferir.
Contextualització	Per una banda, la contextualització està relacionada amb la rellevància dels aprenentatges científic i per tant condiona el grau d'implicació de l'alumnat en el procés d'aprenentatge però també la seva percepció sobre la importància d'aprendre ciències. Per altra banda, la transferència implica aplicar el coneixement a nou context. En aquest sentit, la nostra hipòtesi és que el fet d'aprendre les idees abstractes a partir d'uns contextos reals pot facilitar que aquestes idees s'apliquin en altres contextos també reals ja que es facilita el pensament analògic. Per aquests motius, contextualitzar l'aprenentatge pot promoure la capacitat de transferir de l'alumnat.
Idees clau i models teòrics	Els referents teòrics i els resultats anteriors ens mostren que la transferència del coneixement científic requereix l'aprenentatge d'idees científiques abstractes i les seves

interrelacions. Per tant, es molt probable que l'aprenentatge de models teòrics de la ciència, entesos com organitzadors de les diverses idees clau, promogui la construcció d'un models o mapes mentals coherents que faciliten l'activació d'aquestes idees quan s'ha d'afrontar una tasca científica.

A l'apartat següent es discutirà el grau de domini de cada professor en cada aspecte didàctic a partir de les opinions recollides a les entrevistes al professorat i d'un anàlisi exploratori de les proves escrites recollides. Cal dir que el professor de l'institut E no va lliurar cap prova escrita però si va explicar com les dissenyava a l'entrevista i que el professor de l'Institut Europa és el professor i investigador que hem considerat que degut al estudis de doctorat que ha cursat té un CDC que està basat en evidències de recerca en didàctica de les ciències.

5.4.2. La discussió dels resultats

Els resultats sobre l'estudi comparatiu es discutiran a partir dels tres grups de dades recollides:

- Respostes de l'alumnat als qüestionari per avaluar la seva capacitat de transferir.
- La intenció de triar o no l'optativa de física i química el curs següent i el motiu en que es basen.
- Entrevistes semi-estructurades al professorat per avaluar el seu coneixement didàctic del contingut i recollida de proves d'avaluació dissenyades pel professorat.

Finalment, es farà una síntesi per correlacionar els tres tipus de dades i proposar causes de la diferent capacitat de transferir dels grups investigats.

SOBRE LA CAPACITAT DE TRANSFERIR DE L'ALUMNAT

Les mitjanes globals del nivell de qualitat de transferència de l'alumnat de cada institut (última columna de la Taula 35) mostren una capacitat de transferir inferior en els institut E i B i uns resultats superior per a l'Europa i l'F, tot i que si prenem el valor 1,5 com a 50 % de la puntuació de 0 a 3 de la rúbrica, tots els instituts estan per sota d'aquest valor mig tot i que l'Europa i l'F amb un 1,4 estan molt a prop. Atès que les característiques socioeconòmiques de les famílies i la complexitat de l'alumnat als instituts E, B i Europa són similars, destaquem que els resultats de l'alumnat del grup experimental són significativament superiors als de

altres instituts del mateix nivell socioeconòmic. Quant a l'institut F, en una primera aproximació, el nivell socioeconòmic mitjà-alt de les famílies i la poca quantitat d'alumnat amb necessitats educatives especials pot haver contribuït a que l'alumnat d'aquest institut estigui per sobre de la mitjana de la mostra.

Les mitjanes de cada pregunta (última fila de la Taula 35) ens mostren que les preguntes 1 (Ítem aplicat i alliberat a les proves PISA del 2000 sobre la capa d'ozó), 3 (aerosol i temperatura) i 4 (solubilitat d'un mineral) són les que van suposar menys dificultat per a l'alumnat, mentre que la pregunta 5 (densitat dels materials) va ser la que va obtenir respostes de menys qualitat, seguida de les preguntes 6 (Big Bang i àtoms d'hidrogen) i 2 (Ítem alliberat de PISA2006 però no aplicat sobre la fermentació del pa). Una primera interpretació d'aquests resultats es pot fer a partir de les característiques de cada tasca en quant a:

- La quantitat d'idees clau necessàries per a resoldre la tasca. El més probable és que com més idees científiques abstractes siguin necessàries per a explicar el fenomen, més llunyana serà la transferència i pitjors seran les respostes de l'alumnat. Per exemple, la pregunta 5 requeria relacionar moltes idees sobre el model partícules (distribució a l'estat gasós i sòlid) i sobre la densitat (massa i volum) i això podria justificar el fet que hagi estat la més difícil. Tanmateix, a l'altre extrem hauríem de trobar la pregunta 2 amb una única idea clau necessària (les molècules d'un gas a més temperatura es mouen més ràpidament) com la pregunta més fàcil però no ha estat així potser pel que es discutirà en el següent punt.
- La complexitat de les idees científiques. Com més complexes siguin les idees científiques necessàries per a transferir, més llunyana serà la transferència. Per exemple, tot i que la pregunta 2 només feia referència a una única idea clau, aquesta estava lligada a una concepció alternativa ben descrita a la recerca (atribuir propietats macroscòpiques a les partícules) i per tant podríem dir que es tracta d'una idea científica més complexa perquè l'alumnat presenta dificultats per a descartar el fet que les molècules no es dilaten però els sòlids, els líquids i els gasos sí ho fan.
- L'habilitat cognitiva que requereix la tasca. Com més alta sigui la demanda cognitiva de l'habilitat demandada, més llunyana serà la transferència i per tant menys alumnes seran capaços de realitzar-la. A partir del que es va dir al marc teòric, i en ordre creixent de demanda tindríem: recordar, descriure, explicar, justificar i predir. A totes les preguntes emprades s'avalua l'habilitat cognitivo-lingüística de justificar (que inclou la d'explicar) tot i que de cara a l'alumnat s'ha redactat amb el verb "explicar" però afegint que calia emprar el model de partícules, només en el cas del grup experimental en que es va fer servir aquesta expressió. Per a la resta de grups es va demanar al professorat com s'havia etiquetat el model discontinu de la matèria i es va decidir emprar l'expressió "a partir de la seva estructura química". Per al cas de la pregunta 3 es va demanar fer

una predicció, que entenem és més complex que justificar perquè cal proposar un fenomen plausible amb el model teòric, mentre que quan es demana justificar ja s'anomena el fenomen que té lloc. Per al cas de la pregunta 6, es tractaria de justificar a partir dels conceptes àtom, electró i enllaç però també es demanava descriure una informació gràfica amb la frase "explica el significat dels dibuixos". Segons el que hem argumentat, la pregunta 3 hauria de ser més complexa que la resta i les dades indiquen el contrari, que ha estat una de les transferències més accessibles per a l'alumnat. La conclusió provisional que podríem extreure es que l'habilitat cognitiva no és el factor més determinant en la dificultat de la transferència.

- El nivell de contextualització de la tasca. Com més alt sigui el nivell de contextualització, més llunyana serà la transferència perquè cal interpretar la informació del context per esbrinar com i quines idees científiques activar. En aquest sentit distingirem tres nivells de contextualització: 1) el context només és el propi fenomen científic, és a dir, no hi ha una situació de rellevància social, personal o vocacional; un exemple d'aquest tipus d'activitat podria ser la següent: "Justifica el fet que el volum i la pressió d'un gas són directament proporcionals"; 2) el context és un pretext, és a dir, apareix informació d'alguna situació rellevant o de l'entorn de l'alumnat però no cal interpretar-la per a resoldre la tasca. Aquest nivell es pot relacionar amb les activitats "lo-con" (low degree of contextualisation) descrites per Nentwig et al. (2009). 3) el context està ben integrat en la tasca, és a dir, cal interpretar la informació del context per tal de realitzar completament la tasca. Aquest nivell es pot relacionar amb les activitats "hi-con" (high degree of contextualisation) descrites per Nentwig et al. (2009). D'acord amb aquesta descripció totes les preguntes de la prova de competència científica emprada estarien al 3r nivell de contextualització, tot i que es pot argumentar que la 5 (densitat dels materials) es potser la que estaria més a prop del 2n nivell atès que la única informació contextual necessària es que la fusta es troba en estat sòlid i l'aire en estat gasós. Segons el que hem argumentat aquesta pregunta hauria d'haver estat la més accessible per a l'alumnat i els resultats indiquen tot el contrari. Per tant el nivell de contextualització tampoc és un factor determinant i podríem concloure que la quantitat i complexitat de les idees abstractes són els que juguen un paper crucial en la dificultat de la transferència.

En relació a aquest últim aspecte, cal recordar que la informació contextual pot actuar de distractor i dificultar l'activació de les idees científiques. En aquest sentit, la pregunta 2 sobre la massa del pa va resultar confusa per a una bona part de l'alumnat degut a la polisèmia de la paraula massa. A la pregunta es fa servir la paraula massa per a indicar la barreja de farina i aigua i no per indicar la quantitat de matèria d'una substància i això pot haver dificultat la comprensió de l'enunciat.

De fet, aquest mateix motiu va ser emprat per l'equip organitzador de les proves PISA per a descartar-la després de la seva aplicació en una prova pilot abans de la prova definitiva del 2006.

Les mitjanes de cada pregunta per a cada institut ens indiquen que les preguntes amb respostes de menor i major qualitat no han estat les mateixes per a tots els grups de la mostra. Per exemple, la pregunta 2 va resultar molt difícil per a l'alumnat de l'Europa, fàcil per a l'alumnat de l'institut F i intermèdia per als E i B. Aquest fet ens indica que les diferents idees clau no s'han après per igual per part de tot l'alumnat malgrat que tots ells són del mateix nivell educatiu i en principi el currículum també és el mateix. En part, probablement perquè els materials didàctics emprats (llibres de text entre d'altres), les metodologies d'ensenyament i la orientació didàctica del professorat són diferents. Destaquem el fet que la pregunta 5 ha resultat ser la transferència més difícil per a tots els grups, mentre que la pregunta 1 ha resultat ser una de les més fàcils de resoldre per l'alumnat.

La distribució de les respostes en els nivells de qualitat de la transferència (Taula 36) ens mostra que als instituts E i B predominen les respostes amb raonaments pre i uniestructurals (nivell 0 i 1) i escassegen els raonaments relacionals i multiestructurals (nivell 2 i 3). Als instituts F i Europa la distribució de les respostes entre els quatre nivells es força equilibrada. El resultat d'un test chi quadrat ens indica que aquestes diferències són estadísticament significatives (amb p de l'ordre de 10^{-22}). Si només es fan servir les dades que tenim sobre les característiques dels instituts i el professorat podríem correlacionar aquestes diferències en base a la proximitat generacional del professorat ja que els dos professors més joves i inexperts han obtingut els millors resultats, tot i que en el cas de l'institut F es veu afavorit pel nivell socioeconòmic del barri. Aquesta interpretació podria tenir un cert sentit si ho relacionem amb la capacitat d'empatitzar amb l'alumnat i entendre millor les situacions personals de l'alumnat però no està d'acord amb el fet que el professorat amb menys anys experiència docent potser hauria de tenir un CDC més baix. Una informació addicional a tenir en compte és el fet els dos professors més joves (F i Europa) varen accedir a la professió a través del Curs d'Aptitud Pedagògica (CAP) que dedicava poques hores a la formació didàctica i pedagògica inicial del professorat en comparació amb el màster actual i desconeixem la formació pedagògica que van cursar els professors E i B. Tot i així, el més probable és que es tracti d'una correlació no causal i hi hagi molts altres factors que estan contribuint, per exemple suposem que la formació en didàctica de les ciències o l'estil docent (aspecte que s'ha discutit al capítol anterior) de la professora o professor haurien de ser molt rellevants. Per tal de proposar altres causes d'aquestes diferències i interpretar-la caldrà fer servir la informació sobre el CDC del professorat.

Per acabar, les dades sobre les respostes de l'alumnat a la pregunta 1 admeten un anàlisi complementari, el proporcionat pel marc teòric de les proves PISA de l'any

2000 (OCDE, 2000). La pregunta 2, tot i que també és un ítem alliberat de les proves PISA, no admet aquest tipus d'anàlisi comparatiu perquè només es va aplicar a una prova pilot i es va descartar per a la prova definitiva del 2006. A continuació es mostren els criteris emprats pels avaluadors de PISA per a puntuar la pregunta 1 sobre la destrucció de la capa d'ozó basats en 3 idees clau que s'havien d'emprar per a respondre a la pregunta:

1. Una o algunes molècules d'oxigen (formades per dos àtoms d'oxigen) es divideixen en àtoms d'oxigen.
2. La divisió de les molècules d'oxigen té lloc per acció de la llum del sol.
3. Els àtoms d'oxigen (O) es combinen amb altres molècules d'oxigen (O_2) per a formar molècules d'ozó (O_3).

- Puntuació 0: Respostes que mencionen incorrectament els tres aspectes.
- Puntuació 1: Respostes que mencionen correctament només el primer aspecte.
- Puntuació 2: Respostes que mencionen correctament el primer i el segon aspecte.
- Puntuació 3 (màxima): Respostes que mencionen els tres aspectes anteriors

Cal recordar que la informació que es proporcionava a l'alumnat era un text explicatiu de 25 línies i la Figura 20, mentre que a la prova de competència de l'alumnat només es va proporcionar la imatge:

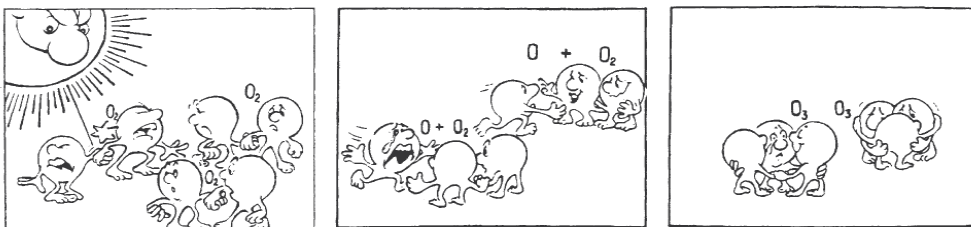


Figura 20. Imatge emprada per PISA per a la pregunta 1 sobre com es crea i destrueix la capa d'ozó per avaluar la competència "explicar fenòmens científicament". Font: (OCDE, 2000)

Tenint en compte aquests criteris d'anàlisi, la Taula 41 mostra el percentatge d'alumnes que ha obtingut la màxima puntuació a la OECD, Espanya i els grups de la mostra. Els resultats indiquen que només un institut està molt per sota de la mitjana espanyola i de l'OECD, l'institut E. En canvi els instituts B i F estan lleugerament per sobre i l'institut Europa presenta més del doble de respostes totalment correctes. Tal i com hem dit anteriorment, caldrà disposar de més

informació sobre el CDC del professorat i de com ha tingut lloc el procés d'ensenyament-aprenentatge de les idees clau del model discontinu de la matèria per a poder justificar aquests resultats ja que en una primera aproximació no es poden atribuir ni al nivell socioeconòmic de les famílies, ni a la baixa complexitat de l'alumnat del centre ni tampoc a l'experiència docent o la formació didàctica del professor de l'institut Europa.

Taula 41. Percentatge d'alumnes que assoleix la màxima puntuació de la pregunta 1 segons els criteris de qualificació de PISA 2000.

Mostra	Percentatge
Mitjana de la OECD	11%
Espanya	11%
Institut E	4%
Institut B	15%
Institut F	18%
Institut Europa	29%

SOBRE LA INTENCIÓ DE CONTINUAR AMB ITINERARIS CIENTÍFICS

La primera apreciació que fem de les dades de la Taula 37 és que la tria de la física i la química quan es optativa és un indicador complex i que recull emocions i actituds sobre aspectes molt diversos. A continuació es mostra un recordatori de les categories d'anàlisi dels motius de l'alumnat:

- Motiu 1: es pot relacionar amb l'interès (o no) de l'alumnat per la disciplina i amb la motivació intrínseca;
- Motiu 2: es pot interpretar en termes de l'autoestima i la percepció d'autoeficàcia, és a dir, triar la matèria per considerar que es tenen les aptituds per tenir èxit.
- Motiu 3: es pot relacionar amb la percepció de que es tracta d'una matèria útil (o no) per al seu futur professional, és a dir, la motivació extrínseca.

- Motiu 4: altres motius, com per exemple el fet que vagi acompanyada d'altres matèries de les quals es vol fugir, com biologia o matemàtiques.

Tenint en compte les múltiples interpretacions possibles, destaquem que els estudiants de l'institut B mostren molt poc interès en continuar fent física i química (només un 15% la triarien a 4t), els dels instituts E i F mostra un interès mitjà (un 42 i un 39 %, respectivament, la triarien) i a l'altre extrem trobem l'alumnat de l'institut Europa que està més interessat (63 %) pels itineraris científicotecnològics. Una primera interpretació que podem fer a partir de la metodologia emprada al grup experimental es que l'ús de contextos rellevants com a fils conductors de l'aprenentatge pot haver contribuït a que més alumnes optin per itineraris científicotecnològics, ja que la resta d'instituts afirmaven emprar un llibre de text convencional. Pel que fa a l'alumnat que encara dubta, l'alumnat dels instituts B i Europa ja tenien força decidida la seva intenció (només un 2 % no sabia què fer en el moment de passar la prova al maig), mentre que l'institut F i sobretot l'E mostren un percentatge més elevat (6 i 12 %, respectivament) d'alumnat indecís. Només amb les dades dels instituts i el professorat no es poden justificar aquestes diferències en l'interès per la física i la química, per tant, a l'apartat següent es discutiran els resultats sobre el CDC del professorat que contribuiran a interpretar millor aquestes dades i les anteriors sobre la capacitat de transferir de l'alumnat.

Sobre el grup experimental (Europa), cal dir que aquestes dades corresponen al curs 2013-2014 i si comparem amb les dades per al curs 2012-2013 (un 82 % van triar físic i química per a 4t aquell curs) trobem una lleugera davallada en l'interès que es podria explicar, només en part, pel fet que aquell curs el professor era a més el tutor i orientador del grup, fet que pot reforçar el vincle entre alumnes i professor i contribueix a una millora de l'atenció a l'aula i l'interès per la matèria. Aleshores una conclusió preliminar que podem treure a partir de comparar aquestes dades es que els factors que poden contribuir a l'interès per les ciències poden arribar a ser molt diversos i difícils d'identificar i mesurar. Però el mateix es pot afirmar pel contrari, és a dir, per a rebutjar la matèria de física i química. De fet, alguns alumnes afirmen no triar-la perquè va acompanyada de matèries que no li agraden com matemàtiques o biologia, en canvi aquesta categoria d'anàlisi només apareix en un cas per a l'alumnat que si tria física i química, el cas d'una alumna de l'institut B que afirma que si la triaria perquè "les altres són llengües i em costen".

Quant a la distribució dels motius que ha exposat l'alumnat per a justificar la seva intenció és molt diferent a cada institut:

- A l'institut E els que han triat la continuïtat d'estudis científics per motivació intrínseca són majoria (35% del 42%), mentre que els que no l'han triat es distribueixen de manera equilibrada entre els tres motius, tot i que una

mica majoritari els que afirmen que no ho necessiten per a la seva vocació, és a dir, per motivació extrínseca.

- A l'institut B els pocs que han dit que triaren física i química ho fan sobretot per motivació extrínseca (7% del 15%) tot i que alguns ho fan perquè diuen que els interessa o els agrada (5% del 15%). Per altra banda, els que rebutgen fer física i química ho fan principalment perquè la troben massa difícil (45% del 83%) tot i que la desmotivació intrínseca i la extrínseca també apareixen de manera considerable, amb un 25% i un 10% respectivament. En aquest institut cal tenir en compte una dada addicional molt rellevant, el fet que els dos grups no eren homogenis sinó que el grup A era de nivell alt (orientat a fer batxillerat) i el B de nivell baix (orientat a cicles formatius). De les sis persones que han afirmat tenir intenció de triar física i química, cinc es són del grup A i en l'exposició de motius pels quals no s'ha triat, en el grup B destaquen comentaris que mostren una baixa autoestima en l'alumnat d'aquest grup amb frases com "soy tonto, no me entra y no la entenderé".
- A l'institut F la majoria de l'alumnat que opta per la física i química ho fa per motivació intrínseca (21% del 39%) però també predomina força la motivació extrínseca (18% del 39%). L'alumnat que no la tria ho fa principalment perquè té altres interessos (33% del 55%) tot i que també destaquen els que no es senten capacitats per aquesta matèria (12% del 55%).
- Al grup experimental, l'institut Europa, també predomina la tria per motivació intrínseca (42 del 63%) i la no tria (un 35% de l'alumnat) per no sentir-se capacitats o per tenir altres interessos, amb un 16% i un 12%. Destaquem el fet que l'alumnat que no ha triat la matèria perquè no li agradés o no li semblés interessant és molt minoritari (només un 3%) fet que podríem relacionar amb el fet que en aquest grup s'han fet servir contextos rellevants de la vida quotidiana que haurien d'haver contribuït a una actitud més favorable envers la matèria i a una percepció de la utilitat d'aquesta en el seu futur professional.

Amb les dades que tenim ara, les úniques interpretacions possibles que podem fer d'aquestes dades són:

- Quant a la capacitat de transferir de l'alumnat (subapartat anterior) trobem que a l'institut B hi ha una correlació entre la poca capacitat de transferir de l'alumnat i una part important de l'alumnat que no triaria la matèria per no sentir-se capacitats per a ella. En canvi, aquesta mateixa tendència no es manté per a l'institut E. L'alumnat dels instituts F i Europa, que va demostrar una capacitat de transferir superior, no justifica la tria de la optativa de física i química pel motiu 2 (percepció d'autoeficàcia) sinó que el motiu majoritari és la motivació intrínseca per l'assignatura (motiu 1).

- Quant a les característiques del professorat (formació i anys d'experiència) tampoc trobem correlacions excessivament interessants. Per exemple, es podria esperar que els llicenciats en química fossin capaços de transmetre de manera més eficaç l'interès per aquesta disciplina, però en el cas del professor B no ha estat així, ja que només un 15% del seu alumnat la triaria, en comparació a la professora de l'institut E (llicenciada en biologia) l'alumnat de la qual ha mostrat més interès (un 42% la triarien). També es podria esperar que com més anys d'experiència docent, més probable és que el professorat pugui "seduir" l'alumnat envers la ciència, però les nostres dades no indiquen una relació positiva entre aquests aspectes.
- Quant a les característiques dels instituts (nivell socioeconòmic i complexitat de l'alumnat) destaquem el fet que a l'institut F predominen les respostes basades en la motivació extrínseca, és a dir, l'alumnat té força decidida la seva vocació professional i actua en conseqüència a l'hora de triar les optatives de 4t. Es pot pensar que en aquest cas les famílies poden haver contribuït a que l'alumnat tingui clar el seu perfil professional futur, mentre que en els altres instituts aquest influència no es dona. Quant a la alta complexitat de l'alumnat als instituts E, B i Europa no s'identifica cap correlació amb les dades sobre la intenció de triar física i química.

En resum, amb les dades de què disposem no podem treure conclusions ni justificar les relacions trobades ja que necessitem més informació del que ha passat a l'aula per a poder interpretar les dades i en aquest sentit el CDC del professorat pot ser una eina útil.

SOBRE EL CONEIXEMENT DIDÀCTIC DEL CONTINGUT DEL PROFESSORAT

En aquest apartat es discutirà el resultat de l'anàlisi qualitatiu i interpretatiu de la transcripció de les entrevistes al professorat a partir de les cinc categories del CDC de la Taula 39. Per a cada professor es discutirà el seu grau de domini de cadascuna de les categories definides. Tal i com s'ha dit, la caracterització del CDC del professor-investigador la van realitzar dues expertes en didàctica i formació del professorat. A més, l'enfocament metodològic de la seva acció docent es va descriure a la proposta de criteris per a l'ús de contextos del capítol de metodologia.

- PROFESSORA de L'INSTITUT E

(47 anys, llicenciada en biologia i 21 anys d'experiència docent.)

1. Activitat científica escolar. La professora comenta que l'alumnat realitza pràctiques un cop a la setmana i considera que fan molt treball pràctic, tot i que la manera de realitzar-les consisteix en proporcionar a l'alumnat el

protocol amb els passos a seguir per a realitzar l'experiment. A més de cada pràctica l'alumnat ha de realitzar un informe que recull el que s'ha fet i es comença a classe i s'ha d'acabar a casa. Pels tipus de pràctiques que comenta es pot inferir que el conjunt de pràctiques no concorda amb el que es fa a les classes que ella anomena de "teoria".

A partir de com s'ha definit l'activitat científica escolar al marc teòric, deduïm que aquesta professora no interrelaciona el fer, el pensar i el comunicar coneixement de manera planificada sinó que treballa per separat l'ensenyament dels models teòrics i el treball pràctic, que a més és poc indagatiu. Malgrat això, destaquem positivament la realització d'una pràctica setmanal a l'ESO, tot i que seria molt més profitosa si quedés integrada en activitats de construcció de models teòrics. En conclusió, es podria dir que el seu grau de domini sobre aquest component del CDC és baix.

2. Avaluació de la competència científica. Comenta que no ha avaluat la subcompetència científica d'explicar fenòmens científicament però que es culpa seva perquè està agobiada i que cada any pensa que s'ha de replantejar l'avaluació. Malgrat això, comenta que aquest tipus de tasques són molt difícils i intueix que només un 5% del seu alumnat les podria realitzar,. També explica que a final de curs volia fer activitats competencials pensant en l'alumnat més capacitat però no va disposar de prou temps per fer-ho. La professora defensa que s'ha d'avaluar la capacitat de memoritzar algunes idees clau ja que si no memoritzen "més endavant no se'n recorden de res i es desmotiven" i argumenta que quan memoritzen a la seva manera "més endavant algo queda", entenem que es refereix a que memoritzin amb el seu propi llenguatge i sense excessiu rigor en la terminologia científica. Pel que fa als criteris de qualificació, l'examen compta un 55% i reconeix que fa dos o tres nivells d'examen amb preguntes que s'han fet a classe o molts semblants a aquelles. En el nivell més baix d'examen comenta que fa servir activitats amb textos i forats però proporcionant les paraules que van als forats. Finalment, destaca que en alguns alumnes li preocupa sobretot l'autoestima més que aprendre contingut i per aquest motiu sol ser molt indulgent amb l'alumnat que té mancances cognitives i sol lluitar molt perquè l'alumnat adquireixi confiança en les pròpies capacitats.

A partir del que s'ha argumentat al marc teòric sobre avaluació competencial i contextualitzada, concloem que la professora avalua el seu alumnat de manera reproductiva, simple i descontextualitzada per tal que las tasques siguin prou accessibles i no generar frustració en el seu alumnat. Per tant, considera que la majoria del seu alumnat no pot ser científicament competent en explicar fenòmens científicament, potser perquè no s'imagina explicacions parcials o idees

precusores del coneixement científic que podrien ser accessibles per al seu alumnat i servirien de bastida per l'aprenentatge en cursos posteriors..

3. Regulació metacognitiva. En un moment de l'entrevista comenta que va assistir a un curs de competències sobre àcids i bases i reaccions químiques i guarda un dossier que conté "preguntes d'aquelles que els ajuden a ser més autònoms". Una possible interpretació del tipus de preguntes que ens comenta podrien ser activitats de regulació de l'aprenentatge. Quan se li pregunta indirectament per aquest tipus d'estratègies ens comenta que és conscient de les moltes dificultats de l'alumnat amb el llenguatge, les matemàtiques i que "els costa molt donar supòsits i fer prediccions". Afirmar que sovint torna a un tema anterior i s'adona que no el van entendre i dedica un cert temps a revisar-ho. Malgrat que es conscient de les dificultats de l'alumnat no concreta cap estratègia de regulació de l'aprenentatge per ajudar l'alumnat a identificar les seves dificultats i superar-les, ni tan sols la revisió col·lectiva dels errors a les proves escrites.

En conclusió, el coneixement de la professora sobre aquest element del CDC és molt baix i aquest fet contribueix a que el seu alumnat no disposa de moments a l'aula en els que es pugui dedicar a revisar els propis errors i fer evolucionar el seu coneixement previ (sovint amb concepcions alternatives) cap a les idees clau de la ciència. Probablement si es capacites la professora per a dissenyar aquest tipus d'activitats es veuria més en cor d'avaluar de manera competencial el seu alumnat, ja que si l'alumnat fa errors o no se'n surt, aquestes dificultats es podrien treballar a l'aula per a millorar el seu aprenentatge. Dit d'una altra manera, el desconeixement sobre la regulació metacognitiva està condicionant els mètodes d'avaluació del seu alumnat.

4. Contextualització. Quan se li pregunta de manera directa per aquest aspecte comenta que entén per contextualitzar utilitzar el tema d'àcids i bases per a treballar el model canvi químic. També explica que com a professora de biologia al batxillerat fa servir els materials del projecte de "Biologia en context" del Departament d'Ensenyament però que va buscar recursos per a la biologia i la química de l'ESO i no en va saber trobar. La seva percepció sobre la contextualització amb el seu alumnat de 3r d'ESO es que amb aquest mètode es dificultaria molt l'aprenentatge i la majoria de l'alumnat no avançaria. Està d'acord amb el plantejament que mitjançant la contextualització l'alumnat està més motivat pel que s'explica a classe però mostra recels cap a la idea de que amb aquesta metodologia s'apregui millor els models teòrics de la ciència. Tot i això, comenta que el que més desmotiva de la biologia és la terminologia

científica (els alumnes es queixen de que són molts noms) tot i tractar temàtiques molt properes a la seva vida personal com el sexe o la salut.

En conclusió, el coneixement de la professora sobre la contextualització és elevat i podríem considerar que n'és una usuària habitual tot i que en una disciplina en la que ella és experta (biologia) i en la que se sent més segura per estar amb alumnes més motivats (alumnes de batxillerat). Malgrat això, la seva percepció sobre aquesta estratègia és que suposa un grau afegit de dificultat i per tant s'ha de reservar per al batxillerat o com una activitat d'ampliació per a l'alumnat més capacitat. Cal dir que la seva visió sobre com s'ha d'implementar aquesta metodologia és probable que no concordi amb els criteris per a la contextualització que s'han descrit al capítol de metodologia. Per exemple, la seva percepció de dificultat afegida pot ser deguda al fet que no té clar com connectar els conceptes amb els contextos. Les dades del primer objectiu ens indicaven que l'ús de contextos facilitava l'aprenentatge (segons l'opinió dels alumnes) però potser per anar combinat amb altres factors com l'estil docent o la regulació metacognitiva.

5. Idees clau i models teòrics. La professora comenta algunes de les idees clau de química que s'ha marcat com a objectius per aquest curs: massa, volum, densitat, mesclures, substàncies pures, canvis d'unitats amb factors de conversió, estructura atòmica, estats de la matèria, teoria cinèticomolecular i reaccions químiques. Explica que han fet una selecció, junt amb la professora de física i química de batxillerat, de les idees clau més importants per a l'ensenyament obligatori de les ciències i van acordar deixar per a l'optativa de 4t d'ESO els tipus d'enllaços químics i el concepte de mol. Pel que fa al model teòric de partícules (sobre el qual s'avalua la capacitat de transferir) considera que ha aconseguit que la majoria de l'alumnat l'apregui, fet que com s'ha vist no concorda amb els resultats de la prova de competència científica que va realitzar el seu alumnat.

En conclusió, destaquem positivament el fet de prioritzar unes idees clau sobre unes altres tot i que no es van explicitar quins van ser els criteris tinguts en compte per a fer la selecció, ja que podria ser que fos més per la preparació propedèutica i no tant per al desenvolupament de la competència científica. Malgrat aquesta capacitat de selecció d'idees abstractes sembla que l'alumnat no ha après de manera significativa els models teòrics ja que la majoria no ha estat capaç de mobilitzar aquestes idees en activitats de transferència. Això pot ser degut a que no s'han realitzat activitats d'aplicació per tal de fer emergir les dificultats i ajudar-los a superar-les, així com activitats de síntesi i estructuració d'aquestes idees abstractes. Sense aquest domini del model teòric a un grau d'abstracció alt es molt difícil que l'alumnat sigui capaç d'activar les idees en situacions reals en els que la informació contextual s'ha d'interpretar.

Altres aspectes a destacar de l'entrevista són: 1) la professora és la mateixa per a la part de física i química i per a la de biologia i geologia (4 hores a la setmana amb una de laboratori amb el grup partit) però no podríem dir que es tracta de ciència integrada perquè el temari s'ha dividit en mig curs química i l'altre mig curs biologia. Tot i això, la professora comenta que a la part de biologia fa moltes connexions amb el tema de reaccions químiques. 2) pel que fa a la metodologia, fa servir diverses eines TAC (tecnologies de l'aprenentatge i la comunicació) com per exemple PowerPoints, pissarra digital, vídeos, moodle, llibre digital, etc., però no fa servir activitats de treball cooperatiu tot i que comenta que li agradaria provar-les amb activitats de poc contingut ja que considera que el seu alumnat ja té moltes dificultats lingüístiques i culturals; 3) degut a la pressió de la inspecció amb les proves de competència comunicativa, al seu centre es treballa aquesta competència des de totes les àrees i des de ciències naturals comenta que els va fer sortir a parlar en públic sobre un element químic i que també els demana que elaborin textos descriptius, per exemple en anatomia. També considera que el seu alumnat té problemes a l'hora d'expressar-se per escrit i que una avaluació oral i en castellà permetria demostrar que han après més del que pot semblar, ja que la majoria del seu alumnat és de llatinoamèrica; 4) finalment, destaca que ha percebut que l'alumnat rebutja tot allò que té mates, per exemple la física en general o fins i tot les activitats d'igualar reaccions químiques, i que la major part de l'alumnat passa a 4t sense entendre completament els canvis d'unitats amb factors de conversió.

- PROFESSOR de L'INSTITUT B

(51 anys, llicenciat en química i 28 anys d'experiència docent.)

1. Activitat científica escolar. El professor comenta que al llarg del curs realitza un llistat de 11 experiments que no estan connectats amb el que ell anomena "classes de teoria". Aquest llistat prové de les pràctiques que es feien a 2n de BUP tot i que diu que n'ha tret i afegit algunes. Insisteix en interpretar de manera rigorosa els resultats experimentals i posa com a exemple l'experiment de l'espelma en un plat amb aigua que es tapa amb un got que molts llibres interpreten erròniament com el % d'oxigen de l'aire. De cada experiment l'alumnat ha d'elaborar un informe però ho fa de manera progressiva, és a dir, al principi ell dicta algunes parts però a mesura que avança el curs l'alumnat va agafant autonomia. Pel que fa a les idees sobre la naturalesa de la ciència (en paraules seves "el mètode científic"), el professor explica que ho fa a partir d'uns experiments sobre la combustió d'una espelma en el qual l'alumne va pensant hipòtesis, experimenta, les contrasta i interpreta els resultats, fet que recorda a la triple relació fets-pensament-llenguatge de l'activitat científica escolar, tot i

que en aquest cas no el fa servir per a construir un model teòric concret de la química.

En conclusió, el coneixement del professor sobre l'activitat científica escolar és intermedi ja que ho aplica per aprendre sobre la naturalesa de la ciència però sembla que només en un experiment, ja que en la resta de treballs pràctics no es promou la construcció de models teòrics que organitzin les idees clau de les classes de teoria per ser un conjunt llistat separat d'experiments. Dit d'una altra manera, es manté una visió de teoria per una banda i la pràctica fent que està en desacord amb els resultats en recerca en didàctica de les ciències i que queda plasmat en molts dels currículums desenvolupats recentment, com els "scientific practices" del currículum americà.

2. Avaluació de la competència científica. El professor comenta el tipus d'activitats d'avaluació que fa servir als exàmens, els quals compten un 50% de la nota i que l'altre 50% valora l'esforç i que facin la feina (informes, deures, etc). Argumenta que no demana definicions perquè a 3r d'ESO no els veu capaços de que les pensin com a pròpies. Pel que fa a les activitats competencials, les troba molt interessants però reconeix que existeixen pocs exemples disponibles i costa de fer-ne de nous, com a exemples, descriu una activitat de geologia interessant (sobre com s'explica que hi hagi unes petjades en vertical d'un animal en un plegament de terra) d'un curs de formació en competències bàsiques però reconeix que no ha trobat exemples igual d'interessants per als continguts de la física i química de 3r d'ESO. També explica que ell no avalua competencialment sinó que es centra més en els procediments i teories de la ciència. També afirma que les activitats d'avaluació de les proves són del llibre de text o fetes a classe, per tant avalua el seu alumnat de manera reproductiva.

La prova escrita que va lliurar contenia activitats simples, poc competencials i bastant reproductives. Alguns exemples són: preguntes d'opció múltiple sense justificar la resposta, classificar mostres de matèria com a mescla o substància pura, descriure (és a dir, memoritzar i recordar) propietats químiques dels elements, enumerar les idees clau de les reaccions químiques, relacionar paraules i definicions, exercicis d'igualar reaccions químiques i de formulació inorgànica de compostos binaris, completar un esquema mut, omplir taules-resum i diferenciar canvi físic i químic sense justificar la resposta. Resumint, la majoria d'activitats avaluen la capacitat de l'alumnat de recordar les idees clau de la química però no si són capaços d'aplicar-les en situacions concretes i també es prioritzen aquells procediments que preparen l'alumnat per als continguts de batxillerat com la formulació inorgànica.

En conclusió, tal i com reconeix el professor, l'avaluació de l'alumnat és molt reproductiva, gens competencial i centrada en l'aprenentatge d'exercicis amb valor

propedèutic i que contribueixen poc a l'alfabetització científica de l'alumnat (com saber formular compostos inorgànics binaris o igualar reaccions químiques). Malgrat això, reconeix que les activitats competencials són molt interessants i lamenta no disposar d'un banc de recursos d'activitats d'aquest tipus per a la física i la química ja que no es veu capaç de pensar-les per si mateix. Per tant, sembla que aquesta manera d'avaluar és més el resultat de deixar-se portar per la inèrcia de la seva trajectòria docent tradicional i no tant perquè pensi que són inaccessibles per l'alumnat, com li passava a la professora de l'institut E.

3. Regulació metacognitiva. El professor comenta que ell fa servir rúbriques per avaluar el grau d'assoliment d'uns indicadors de qualitat dels informes de laboratori però l'alumnat només les pot veure i seguir la seva evolució en un document compartit, és a dir, no es fa cap activitat d'autoavaluació o coavaluació a l'aula per a promoure la regulació metacognitiva sinó que queda a elecció de l'alumnat mirar-les o no. També comenta que és conscient de les dificultats de l'alumnat amb la terminologia científica (per exemple, la confusió entre àtom, element, substància) i que un cop fets els exàmens procura comentar en detall quins errors s'han fet i perquè estan malament, s'entén que ho fa de manera magistral i col·lectiva. També dóna la oportunitat de refer els exàmens però l'alumnat més desmotivats no ho vol fer. No contempla cap activitat de regulació metacognitiva individual o en petit grup que ajudi a l'alumnat a identificar les seves dificultats. Tampoc comenta si comparteix els objectius d'aprenentatge i els criteris d'avaluació però sí comenta que fa resums i esquemes a la pissarra, tot i que s'entén que els fa de manera magistral i l'alumnat no realitza activitats que l'ajudin a fer ells mateixos la síntesi, estructuració i jerarquització de les idees clau.

En conclusió, podríem dir que el seu coneixement sobre les activitats de regulació és força baix. Es realitzen algunes activitats que promouen la metacognició (com la revisió dels errors dels exàmens) però es fan de manera magistral o voluntàries. En general, es promou poc presa de consciència de l'alumnat sobre el seu propi procés d'aprenentatge. Tot i així, destaquem positivament l'ús de les rúbriques per a justificar la manera d'avaluar del docent però s'aprofitarien molt més si fos l'alumnat el que s'avalués a ell mateix o a un company.

4. Contextualització. El professor té molt clara la seva postura, no s'imagina "això dels contextos" com a punt de partida. Considera que l'únic fil conductor possible és la història de la ciència i qualsevol altre és artificial i una necessitat creada. Malgrat això reconeix que no ha examinat en detall els materials de cap projecte contextualitzat i que el seu tarannà és molt teòric i li agrada centrar-se en els conceptes i en la història. Considera que els fenòmens de la vida quotidiana s'han de saber interpretar però sempre com un exemple il·lustratiu de la teoria, és a dir, els aprenentatges dels

conceptes científics han de ser primer en abstracte per després a posteriori veure que quadren amb la realitat.

En conclusió, el professor no ha fet servir contextos rellevants a les seves classes i a més no està a favor del seu ús com a fils conductors de l'aprenentatge de les idees científiques sinó que aquests han de quedar relegats a les activitats d'aplicació. Aquesta visió concorda amb la de la majoria de llibres de text disponibles i amb la d'alguns projectes que es denominen CTS però contradiu totalment la visió actual de l'ensenyament contextualitzat que hem descrit al marc teòric i a la metodologia.

5. Idees clau i models teòrics. El professor comenta que bona part del curs es dedica a aprendre la classificació dels sistemes materials, del simple al complex, és a dir, seguint la lògica de la disciplina que molt sovint no coincideix amb la lògica de l'alumne. També insisteix en la descripció de l'estructura interna de les substàncies i que molts continguts de química de 2n es revisen i amplien a 3r d'ESO. En aquest sentit, la visió que transmet es força semblant a la de model teòric, un conjunt d'idees potents que conformen una teoria clau de la ciència i que permet explicar fenòmens de la natura. Quan se li pregunta per quina idea clau de 3r seria la més important, la resposta és una idea molt interessant sobre la naturalesa de la ciència "Som nosaltres amb la observació els que establim els fets". Pel que fa al model de partícules, comenta que tot i que és una teoria que es treballa a fons a 2n d'ESO, a 3r es revisa i ell l'ha aplicat a la diferència entre mescla, element i compost en termes de les entitats elementals que els formen. En aquest sentit fa servir molts esquemes i dibuixos per a facilitar la interpretació de les idees.

En conclusió, el professor té molt clara la importància de l'aprenentatge d'idees d'història i naturalesa de la ciència, el treball i la metodologia propis de la ciència i els models teòrics clau de la química com a disciplina. Tanmateix, les opinions de la entrevista suggereixen que no promou la construcció d'aquests models teòrics a partir d'activitat científica escolar sinó que ho fa a partir de la informació del llibre de text i les lliçons magistrals. Per altra banda, les proves escrites també ens indiquen un predomini dels exercicis tradicionals de la química que molt sovint s'aprenen a partir de memoritzar regles heurístiques i algorismes i que no tenen rellevància social ni personal, com per exemple les activitats descontextualitzades d'igualació de reaccions químiques i que segons els referents didàctics actuals no contribueixen a l'alfabetització científica.

Altres aspectes a destacar de l'entrevista són: 1) l'ús de les noves tecnologies; fa servir llibre digital i moodle, i això li permet fer un seguiment de les activitats que fa l'alumnat. També afirma que treballa molt les competències bàsiques digitals com fer un PowerPoint, retallar una imatge, escriure un correu electrònic, etc; 2) en diversos moments de la entrevista parla de manera nostàlgica de l'antic sistema

educatiu (BUP i COU), comenta que actualment percep més rebuig per l'experimentació amb les substàncies químiques i poca curiositat per els productes químics i el material del laboratori; 3) argumenta que el rebuig cap a la física i la química està relaciona amb la cultura ecologista que considera negatiu allò que és artificial. En aquest sentit s'associa la biologia i la geologia a coses agradables (animals, paisatges, etc) i en canvi la física i la química a coses desagradables (residus nuclears, additius, etc). Segons la seva opinió, es tracta d'una qüestió dels mitjans de comunicació i no creu que l'actitud del professorat pugui afectar a les emocions negatives de l'alumnat envers les matèries de física i química que es descriuen a la investigació de Costillo et al. (2013); 4) finalment, comenta que és conscient que només una minoria del seu alumnat triarà la física i química a 4t i el principal motiu que dóna és que apliquen la llei del mínim esforç i prefereixen triar matèries més fàcils. Aquesta previsió es correspon parcialment amb els motius exposats amb l'alumnat ja que prop de la meitat de l'alumnat que afirma no triar la matèria es per trobar-la massa difícil, però cal destacar que l'altre meitat ho fa perquè no li agrada o perquè li interessien més altres opcions formatives.

- PROFESSOR de L'INSTITUT F

(31 anys, llicenciat en química i 6 anys d'experiència docent.)

1. Activitat científica escolar. Sobre els experiments, el professor comenta que els fa servir com activitats d'introducció o d'aplicació però no per a construir idees teòriques. A més, proporciona el protocol experimental a l'alumnat i afirma que fa menys experiments dels que voldria i alguns els acaba ensenyant en fotos o vídeos. Destaquem com a interessant el fet que sempre els demana que facin prediccions i hipòtesis abans de dur a terme els experiments i reconeix que al cap dels anys el que més recorda l'alumnat són els experiments. També destaca que en una optativa de química els proposava que fessin experiments oberts en els que ells havien de pensar els passos, les hipòtesis i anar reformulant tot el disseny.

En conclusió, el coneixement didàctic del professor sobre activitat científica escolar és baix perquè no els percep com una oportunitat per a construir models teòrics a través d'activitats de modelització. Tanmateix, un punt fort del seu enfocament és el fet de fer-los pensar abans de fer l'experiment ja que això contribueix a que l'alumnat explori les seves idees prèvies i les contrasti amb els resultats experimentals, és a dir, d'aquesta manera treballa l'aprenentatge del coneixement epistèmic i procedimental de la ciència, segons el marc teòric de PISA2015.

2. Avaluació de la competència científica. Ja al principi de l'entrevista el professor afirma que posa molt d'èmfasi en els problemes numèrics, tal i com corroborem a la prova escrita que ens proporciona. Comenta que els

seus alumnes troben molt fàcils els exercicis teòrics i més difícils els contextualitzats, és a dir, aquells que estan relacionats amb una situació de la vida real. També ha detectat alguns dificultats de l'alumnat relacionades amb la transferència, com per exemple el fet que li costa molt saber quines idees científiques ha d'activar per a resoldre un problema, que aprenen a fer un exercici però no se'n surten quan se'ls demana que resolguin un altre que és una mica diferent. També ha detectat moltes dificultats per a fer raonaments amb conceptes científics si abans no han fet un exercici idèntic al que es demana. Les activitats de les proves escrites no són del llibre ni de les que s'han fet a classe sinó que les dissenya ell mateix i troba que les preguntes més difícils són les que requereixen aplicar idees científiques en situacions que no han vist mai, que de fet és el que avalua PISA a través de la competència científica. Mai els demana que memoritzin definicions sinó que utilitza exercicis que li permetin comprovar si s'ha entès la definició, com a exemple posa el concepte d'isòtop que s'ha d'aplicar per a omplir una taula amb el nombre de protons, neutrons i electrons.

La prova escrita que va lliurar només conté una activitat reproductiva (enumerar les propietats dels gasos nobles) però la resta són tasques d'avaluació productiva. Algunes d'elles són contextualitzades però el context és només un pretext i la informació de l'enunciat no s'ha d'interpretar per a resoldre la tasca, ja que només cal agafar la xifra amb les unitats (per exemple, la maria s'està preguntant quants àtoms hi ha en el seu anell d'or que pesa 8 g, ajuda-la). En general, predominen les activitats de càlculs numèrics (calcula la massa molar, calcula els mols, grams o partícules) i d'altres activitats com formulació inorgànica de compostos binaris, tot i que ambdós tipus d'exercicis contribueixen poc a l'alfabetització científica de l'alumnat, ja que d'acord amb els marcs teòrics revisats no es promou l'aplicació del coneixement científic a l'entorn de l'alumnat. De la prova destaquem una activitat contextualitzada de manera que el context no és un simple pretext, tracta sobre la ingesta de potassi diària recomanada i el consum de plàtans, però malauradament és una activitat matemàtica que només consisteix aplicar el pensament proporcional, és a dir, no requereix aplicar cap idea de química per a resoldre la tasca.

En conclusió, el coneixement del professor sobre avaluació productiva i competencial és alt però mostra dificultats per incorporar el context en activitats que requereixin l'aplicació d'idees de química i que el context no tingui només una funció ornamental. També és molt conscient del repte que suposa ser competent científicament i la importància de saber transferir el coneixement i això determina les activitats d'avaluació que ell mateix dissenya. Un punt feble a destacar del seu enfocament a l'hora d'avaluar és el predomini dels exercicis numèrics i propèdèutics, tot i que cal reconèixer que és un centre on la majoria de l'alumnat

vol fer batxillerat i el professor es sent responsable de preparar el millor possible l'alumnat per aquesta etapa educativa.

3. Regulació metacognitiva. El professor demostra capacitat per a identificar les principals dificultats de l'alumnat, per exemple, argumenta que els costa molt trobar les dades, entendre el que pregunta o saber que han de fer. En aquest sentit afirma que el seu alumnat li va bé saber exactament els passos que s'han de seguir per a resoldre un problema, estratègia metacognitiva que podem interpretar com una base d'orientació que ajuda a anticipar i planificar l'acció i de l'explicació que fa entenem que ajuda al seu alumant a pensar per ells mateixos com resoldre un problema numèric. Tanmateix, com ja s'ha comentat, ha identificat moltes dificultats per a transferir el coneixement científic quan es canvia el tipus de tasca que es demana. Quan se li pregunta directament sobre com ho fa per identificar les dificultats de l'alumnat i ajudar-los a superar-les ens explica que fa sortir molt a la pissarra perquè li expliquin com fan els problemes i també els deixa temps a classe perquè facin exercicis i li plantegin dubtes. Tot i que no proposa cap activitat de regulació metacognitiva concreta si que afirma que ajuda constantment a aquells alumnes que almenys ho intenten i com el grup es prou petit (17 alumnes, perquè han repartit les 3 línies en 4 grups) es pot atendre fàcilment a l'alumnat que demana ajuda. Quan se li mostra un exemple d'activitat de regulació metacognitiva en la que l'alumnat autoavalua el seu grau d'assoliment dels criteris d'avaluació, el professor la troba molt interessant i l'únic inconvenient que hi troba és d'on treure el temps per a fer-la a l'aula.

En conclusió, el professor no coneix activitats concretes de regulació metacognitiva però si que demostra ser conscient de la importància de planificar l'acció i atendre les dificultats de l'alumnat perquè progressin en l'aprenentatge del coneixement científic. També és molt conscient de quines són les principals dificultats de l'alumnat, tot i que centra excessivament la seva atenció en la resolució de problemes numèrics amb valor propedèutic.

4. Contextualització. Des del principi de l'entrevista i sense que se li preguntés directament per contextos, el professor ja comenta que detecta la necessitat de disposar de problemes relacionats amb la vida quotidiana i que aquest tipus de problemes són molt interessants però són difícils per a l'alumnat. Quan se li pregunta directament si coneix aquesta metodologia explica que no coneix en que consisteix exactament però li sona el projecte Salters. És a dir, a la física i química de 3r d'ESO no ha fet servir contextos com a fils conductors de l'aprenentatge de les idees científiques però considera que el seu ús podria ser interessant perquè ajuda a aplicar la ciència al món real. Algunes de les dificultats que comenta són el fet que potser requeriria la unificació de coneixements entre disciplines i que

també requereix anar més lent i fer menys continguts però reconeix que potser els aprenen millor. Sobre aquest aspecte explica la seva experiència docent impartint una optativa sobre l'aigua en anglès en la que va tractar moltes idees CTS sobre l'aigua i es va posar l'èmfasi en el disseny d'experiments. Afirma que en aquestes hores es va sentir molt relaxat i va diversificar les estratègies d'ensenyament perquè en ser una optativa no tenia un temari assignat que s'havia d'acabar. La seva opinió suggereix que els objectius d'aprenentatges d'aquesta optativa només requereixen coneixement contextual o procedimental de la ciència i no es pretenia l'aprenentatge de models teòrics de la química. Després de la reflexió, admet que moltes de les coses que va explicar a l'alumnat de l'optativa les van entendre molt bé i quan les tracta de manera teòrica a la física i química de 3r d'ESO no les acaben d'entendre ni de relacionar. Arribats a aquest punt va semblar adient de proposar-li que apliqués la metodologia de l'optativa a la matèria comuna i d'entrada diu que no hi hauria d'haver problema en utilitzar contextos pels continguts del temari de 3r ja que no ho veu incompatible amb fer explicacions teòriques tradicionals. A més, admet que segurament seria una estratègia que els motivaria perquè es innovador, faria l'ensenyament més agradable i els ajudaria a pensar més. Per altra banda, també argumenta que no ho veu adequat per al batxillerat ja que en aquella etapa educativa la màxima prioritat és preparar per a les proves d'accés a la universitat. Quan se li pregunta per les emocions negatives envers la física i la química i la contextualització de l'aprenentatge, ell opina que l'ús de contextos pot contribuir a millorar els aspectes emocionals envers les disciplines ja que l'alumnat sol tenir bons records dels experiments i dels contextos.

En conclusió, tot i que inicialment no reconeix la contextualització amb aquest nom sí que valora la importància de les relacions CTS i l'aplicació de la ciència a la vida quotidiana i al món real i que això pot millorar tant la motivació com l'aprenentatge. El professor té una certa experiència amb l'ús de contextos, tal i com explica en la optativa sobre l'aigua però en aquest cas no s'aprenien idees clau abstractes de la química a través dels contextos. Pel que fa a la connexió entre els contextos i les idees, suggereix que cal seguir fent explicacions teòriques ja que no acaba de veure com s'haurien d'introduir els nous continguts a partir de les situacions rellevants. En general, la seva actitud és receptiva cap a aquesta metodologia tot i que es mostra reticent al batxillerat, principalment perquè no veu compatible l'aprenentatge de tots els models teòrics de la química de batxillerat amb el temps que s'ha d'invertir per contextualitzar.

5. Idees clau i models teòrics. El professor ens comenta que té molt clares les quatre idees clau de química que vol que el seu alumnat aprengui a 3r d'ESO, serien coneixements sobre l'àtom, les molècules, el concepte de mol, i les reaccions químiques. De entrada, aquesta selecció dels

conceptes clau concorda amb l'alfabetització científica ja que coincideixen amb dos models teòrics de la química que al marc teòric hem tractat com rellevants: el model de partícules (que englobaria les idees sobre els àtoms i les molècules) i el model canvi químic. Pel que fa al concepte de mol, també és molt interessant perquè es pot relacionar amb els dos models anteriors, perquè permet quantificar les partícules d'una mostra i fer de pont entre els nivells macroscòpics (massa), submicroscòpics (partícules) i simbòlic (factors de conversió, unitats, etc) (Talanquer, 2011a). Des del punt de vista històric, el concepte de mol es va crear per a interpretar les quantitats de substàncies de les reaccions químiques d'una manera més simple que la que oferia la llei de les proporcions definides de Proust i molt sovint aquesta visió del mol passa molt desapercibuda. Per altra banda, el professor afirma que transmet la idea del mol com una dotzena d'ous però si només es fa un estudi del mol de tipus algorítmic (resoldre problemes de càlcul de partícules) acaben sent un simple automatisme poc significatiu per a l'alumnat. Pel que fa al model de partícules, el professor explica que no li va donar cap nom concret, per exemple alguns llibres l'anomenen model cinético-corpúscular o cinéticomolecular, però a 3r d'ESO ho ha emprat per a interpretar les reaccions químiques a escala atómicomolecular.

En conclusió, destaquem positivament la selecció de les idees clau que ha fet el professor per a 3r d'ESO tot i que trobem a faltar activitats a les proves escrites que posin a prova la comprensió conceptual d'aquestes idees i no tant la aplicació mecànica per a realitzar problemes numèrics preparatoris per al batxillerat. En general, el professor prioritza molt l'aprenentatge de les idees abstractes de la química i les avalua de manera productiva però descontextualitzada. Quant a les idees sobre naturalesa de la ciència, sembla que es treballen de manera implícita que es demana a l'alumnat que pensi hipòtesis i dissenyi i realitzi experiments però amb la informació que ens aporta l'entrevista no queda clar que el coneixement epistèmic sobre la ciència sigui un dels objectius d'aprenentatge que es plantegi el professor ja que per exemple no comenta que avaluï les competències relacionades amb aquestes tipus de coneixement.

Altres aspectes a destacar de l'entrevista són: 1) a final de curs realitza una activitat de síntesi amb l'alumnat que consisteix en triar un element i aplicar les idees clau del curs (isòtops, compostos que forma, reaccions químiques que pot realitzar, etc) i comunicar-les als companys en una presentació oral tot treballant la competència comunicativa. A part d'aquesta, no comenta cap altra activitat de síntesi o estructuració que hagi realitzat al llarg del curs; 2) la seva opinió es que en general la matèria no agrada i molt pocs alumnes la triaran a 4t. Els motius que dóna són que la veuen com massa difícil i rebutgen les matemàtiques, però les dades que hem recollit no quadren amb aquesta visió ja que la major part de l'alumnat que rebutja la física i química ho fa per tenir altres interessos i la major

part d'alumnat que la tria ho fa perquè li agrada o li interessa. Un altre aspecte interessant és que destaca que l'alumnat odia els factors de conversió i a més ell els prohibeix fer servir regles de tres. La interpretació que fem d'aquesta decisió es que l'alumnat amb més dificultats pot veure limitada la seva creativitat a l'hora de resoldre problemes i que no s'afavoreix la transferència de coneixements des de les matemàtiques cap a la ciència; 3) finalment, com la resta de professors, també explica que fas servir les noves tecnologies

La Taula 42 mostra un resum qualitatiu del CDC del professorat sobre els cinc aspectes didàctics seleccionats i després d'aquesta visió de conjunt, destacarem alguns resultats rellevants pel que fa a interpretar la capacitat de transferir de l'alumnat:

Taula 42. Resum del CDC dels professors dels grups control de la mostra.

Institut del professor	Activitat científica escolar	Avaluació de la competència científica	Regulació metacognitiva	Contextualització	Idees clau i models teòrics
E	Baix	Baix	Res	No en fa servir	Bona selecció
B	Baix	Baix	Només col·lectiva	No en fa servir	Bona selecció
F	Mitjà perquè els fa predir	Mitjà perquè és productiva i complexa	Només col·lectiva	No en fa servir	Bona selecció

- L'activitat científica escolar és l'aspecte didàctic més desconegut per al professorat. Les nostres dades indiquen que els tres professors entrevistats separen l'aprenentatge teòric de l'aprenentatge pràctic i les recerques en didàctica del passat i les actuals recomanen la integració de la modelització i la indagació experimental, tot i que ho facin amb diferents noms, activitat científica escolar (Mercè Izquierdo et al., 1999) o modelització basada en la indagació (Windschitl et al., 2008). Per tant, segons els resultats del primer objectiu i els referents de la literatura,

aquesta separació entre teoria i pràctica no promou l'aprenentatge significatiu de les idees de ciència i sobre la ciència i conseqüentment, no facilita que l'alumnat sigui capaç de transferir-les més enllà de les situacions tractades a l'aula.

- Les nostres dades ens indiquen que els professors dels instituts E i B avaluen de manera simple, reproductiva i descontextualitzada (Sanmartí & Marchán-Carvajal, 2014). Quant al professor de l'institut F, l'avaluació és productiva i complexa però descontextualitzada. Els resultats de l'objectiu anterior i els referents teòrics revisats ens indiquen que avaluar de manera contextualitzada promou la competència científica de l'alumnat perquè li permet desenvolupar progressivament estratègies d'activació i aplicació de les idees científiques en situacions reals (Fensham, 2009). Per tant, els mecanismes d'avaluació que hem identificat a les nostres dades sobre el professorat no promouen la capacitat de transferir el coneixement científic a contextos nous, sobretot en el cas dels instituts E i B.
- Pel que fa a la regulació metacognitiva, les dades analitzades semblen indicar que el professorat dels grups control no fa servir activitats concretes de presa de consciència del procés d'aprenentatge. Malgrat això, els professors dels instituts B i F si que han explicat que fan servir algunes estratègies col·lectives per a identificar les dificultats de l'alumnat però ambdós afirmen que una part de l'alumnat no s'involucra en gestionar les seves mancances en l'aprenentatge. La recerca sobre avaluació formativa i regulació de l'aprenentatge (Hinojosa & Sanmartí, 2015; Sanmartí, 2010; Simón et al., 2006) ens indica que l'alumnat més capacitats es regula de manera autònoma però en canvi l'alumnat amb més dificultats necessita que el seu professor li ofereixi activitats individuals de regulació. Per tant, aquests resultats semblen indicar que l'alumnat menys competent dels tres instituts tindrà moltes dificultats per a transferir el coneixement perquè no haurà après significativament les idees clau que ha d'activar i encara tindrà moltes idees alternatives en els seus models mentals. A més, el fet de no ser capaç d'entendre els models teòrics i gaudir aplicant-los al món real pot comportar desmotivació i rebuig cap al coneixement químic i també podria justificar que una part de l'alumnat (especialment el menys competent) no volgués triar la matèria de física i química quan aquesta és optativa.
- Segons les dades recollides, cap dels professors dels grups control ha fet servir contextos per a l'aprenentatge de les idees clau de la química. Tanmateix, el coneixement sobre aquesta metodologia i la predisposició a emprar-la varien considerablement: 1) la professora de l'institut E la coneix i la fa servir per a la biologia de batxillerat però ho veu massa complicat per a l'ESO; 2) el professor de l'institut B no la coneix i no la considera un mètode vàlid perquè considera que es tracta d'una necessitat creada ja que l'únic context adient és la història de la ciència; 3) el professor de

l'institut F l'ha utilitzat en una optativa, tot i que sense ser-ne massa conscient, i es mostra receptiu perquè considera que pot portar millores en la motivació i l'aprenentatge, però malgrat això, no ho veu adient per al batxillerat perquè en aquella etapa la prioritat ha de ser "entrenar" per a les proves d'accés a la universitat. D'acord amb els nostres resultats anteriors i els referents teòrics revistats, argumentem que el fet de no situar l'aprenentatge en contextos rellevants per a l'alumnat (Stuckey & Eilks, 2014; Stuckey et al., 2013) contribueix a la desmotivació intrínseca i extrínseca per la química i tampoc facilita que l'alumnat pugui activar els seus mapes mentals (segons el nostre marc teòric idees abstractes) en situacions concretes del món real (Gilbert et al., 2011). Conseqüentment, quan l'alumnat s'enfronti per primer cop a problemes en situacions reals es probable que bona part de l'alumnat mostri dificultats per interpretar la informació contextual i per activar les idees abstractes necessàries per explicar el fenomen. Per altra banda, la manca de contextualització rellevant pot haver contribuït a que l'alumnat percebi la química com una disciplina allunyada del món real i per tant de poca utilitat per al seu futur professional i això pot comportar que una part de l'alumnat rebutgi la disciplina i no la vulgui triar quan es optativa o si la tria es per motivació extrínseca, és a dir, perquè la necessiten per arribar on realment volen.

- El coneixement didàctic relacionat amb la selecció dels models teòrics i les idees clau de la ciència i sobre la ciència és l'aspecte que més domina el professorat de la mostra. Els professors dels tres instituts han fet una selecció de les idees clau abstractes de química que concorda amb les propostes dels referents teòrics i normatius revisats. Pel que fa a les idees de naturalesa de la ciència, destaquem el professor de l'institut B que ho considera una de les seves prioritats mentre que el professor de l'institut F només menciona alguns aspectes del coneixement procedimental de la ciència i la professora de l'institut E no menciona a l'entrevista res que haguem pogut interpretar com que té en compte la naturalesa de la ciència en els seus objectius d'aprenentatge. L'ensenyament d'idees abstractes és un factor que hauria de facilitar que l'alumnat fos capaç de transferir ja que tal i com hem deduït a partir dels resultats dels objectius anteriors i dels referents teòrics revisats (Barnett & Ceci, 2002; Bloom, 2007; Van Oers, 2004) la transferència des d'un context d'aprenentatge a un context nou requereix el pensament analògic entre els context per activar aquelles idees abstractes, és a dir, el pas d'un context a l'altre requereix un procés d'abstracció. Atès que en la prova de competència científica dissenyada només s'avalua la subcompetència "explicar fenòmens científicament", que està menys vinculada al coneixement epistèmic i procedimental de la ciència (OCDE, 2013), suposem que el fet d'haver treballat més o menys a l'aula les idees de naturalesa de la ciència no hauria de contribuir massa a la capacitat de justificar fenòmens naturals fent servir el model teòric de partícules. Finalment, destacar el fet que treballar a l'aula una selecció

d'idees abstractes científiques és quelcom habitual però molt sovint el coneixement que queda en l'alumnat és "inert". Segons Bransford et al. (1986), s'anomena coneixement inert a aquell coneixement que no es pot mobilitzar o activar per a resoldre tasques complexes, per exemple, quan només es pot recordar la definició d'un concepte però no es pot aplicar a l'explicació d'un fenomen quotidià.

SÍNTESI

Arribats a aquest punt, recordem que l'objectiu de recerca és comparar la capacitat de transferir de diversos grups d'alumnes i analitzar les possibles causes de les diferències identificades. Per tant, a continuació es correlacionaran els resultats dels tres subapartats anteriors. És a dir, es justificarà els resultats en la capacitat de transferir i la motivació per cursar la optativa de física i química a partir de la informació sobre els instituts i el CDC del professorat.

- Institut E.

L'alumnat d'aquest institut és el que ha demostrat una capacitat de transferir més baixa, de fet, l'únic per sota de la mitjana de la OECD i Espanya si tenim en compte la primera pregunta. Per una banda, tenim els factors relacionats amb el fet que es tracta d'un institut en un barri de nivell socioeconòmic baix i una gran quantitat d'alumnes amb necessitats educatives especials, entre les quals destaquen l'alumnat nouvingut que presenta dificultats lingüístiques (els immigrants llatinoamericans pel català), tot i que es va avisar que estava totalment permès expressar-se en castellà encara que els enunciats estiguessin en català. Per suposat en tots els grups es va ajudar l'alumnat amb qualsevol problema de tipus lingüístic. Per aquest motiu aquest institut ha estat catalogat per la generalitat com un centre d'especial dificultat, segons la resolució ENS/906/2014, de 23 d'abril publicada al DOGC 6613. Pel que fa a la professora, considerem que el fet que no sigui especialista en química no ha contribuït excessivament als baixos resultats i el fet de tenir més de 20 anys d'experiència docent tampoc ha evitat que el seu alumnat estigui per sota de la mitjana de la mostra emprada. Pel que fa al CDC de la professora, les nostres dades suggereixen que el fet de tenir poc coneixement sobre els quatre primers aspectes didàctics que hem argumentat que contribueixen a la capacitat de transferir (Activitat científica escolar, avaluació competencial, regulació metacognitiva i contextualització) pot haver contribuït negativament a la capacitat de transferir del seu alumnat i produir justificar, almenys parcialment, les respostes de poca qualitat en les tasques d'avaluació de la competència "explicar fenòmens científicament". Per altra banda, sembla que la bona selecció i ensenyament de les idees abstractes de la química no garanteix que l'alumnat consolidi un coneixement químic transferible a contextos nous, ja que la professora si ha mostrat un bon domini d'aquest aspecte del CDC. La

nostra hipòtesi fonamentada en les dades del primer objectiu ens fa pensar que contextualitzar l'aprenentatge també hauria contribuït a un aprenentatge més significatiu de les idees abstractes i per tant hagués suposat una millora en la transferència.

Quant a la quantitat d'alumnes que ha triat continuar amb la física i química a 4t, destaquem el fet que és el més alt després de l'alumnat de l'Europa, i el principal motiu que s'ha donat és la motivació intrínseca per la matèria. Un factor que podria justificar un percentatge notable d'alumnat motivat per la matèria seria el fet que l'avaluació era reproductiva i per tant molt accessible per a l'alumnat, fet que es podria traduir en una percepció d'eficàcia en aquesta disciplina que fer que l'alumnat tingui gust i interès per la matèria, tot i que aquesta percepció és parcialment falsa, perquè quan l'alumnat és avaluat de manera productiva queden en evidència les mancances en l'aprenentatge. Per altra banda, un dels factors que pot haver contribuït negativament a la motivació per l'assignatura podrien ser la falta de contextualització, ja que no s'explicita la connexió entre la química i les múltiples aplicacions que té en el món real que van associades a opcions professionals a diferents nivells educatius. L'altre factor podria ser la manca d'activitats de regulació metacognitiva i activitat científica escolar que haurien ajudat a l'alumnat menys capacitat a aprendre significativament els models teòrics de la química, amb el gaudi i motivació per la disciplina que suposa fer-ho.

- Institut B.

L'alumnat d'aquest institut també ha demostrat una baixa capacitat de transferir respecta a la mitjana de la nostra mostra, tot i que lleugerament més alta que la mitjana espanyola i de la OECD si tenim en compte els resultats de la primera pregunta sobre la capa d'ozó. Pel que fa a les característiques de l'institut, cal tenir en compte que es troba en un barri socialment desafavorit i amb una tipologia d'alumnat amb complexitat diverses. De entrada, els resultats no suggereixen que l'experiència docent i la formació en química del professor hagin estat un component del CDC determinant. En canvi, si que sembla adequat argumentar que les mancances detectades en els aspectes del CDC analitzats si poden haver contribuït als baixos resultats, pels mateixos motius ja exposats a la pàgina anterior: 1) alumnes acostumats a avaluació poc competencial i descontextualitzada, per tant, poc capacitats per explicar fenòmens científicament en contextos de la vida real; 2) aprenentatge per separat de la teoria i la pràctica del treball científic; 3) Manca d'activitats de presa de consciència del procés d'aprenentatge (per identificar els èxits parcials i les dificultats); 4) el fet que l'alumnat no estava acostumat a aplicar les idees científiques en contextos de la vida real. Finalment, destaquem d'aquest professor la seva bona selecció de les idees clau sobre naturalesa de la ciència i la seva integració en una activitat experimental però atès que la subcompetència avaluada no requeria coneixements sobre la ciència, no s'han trobat bons resultats que puguem atribuir

a aquest factor. Probablement, si haguéssim avaluat alguna de les altres subcompetències científiques (Avaluar i dissenyar recerca científica o Interpretar dades i proves des d'un punt de vista científic) s'haurien obtingut millors resultats. Tal i com hem dit per a l'institut E, l'ús de contextos com a fil conductor de l'aprenentatge hauria promogut la implicació de l'alumnat en les tasques i això s'hagués traduït en millores en l'aprenentatge i la transferència.

Pel fa a la intenció de continuar amb estudis científics a 4t d'ESO, cal destacar el baix nombre d'alumnes que opten per fer-ho, en concret, només cinc alumnes del grup de nivell alt i una alumna del grup de nivell baix la triarien. Quant als motius, la majoria de l'oportunitat que sí opta per triar física i química a més ho fa per motivació extrínseca mentre que la majora dels que trien no fer-ho argumenten que la troben massa difícil. Els motius relacionats amb el CDC que es poden donar a partir de les dades analitzades són: per una banda manca de rellevància social, personal i vocacional de les idees de química que s'ensenyen per a la vida de l'alumnat present i futura, per altra banda, el fet de no ajudar a gestionar individualment les dificultats d'aprenentatge de l'alumnat mitjançant activitats de metacognició (compartir criteris d'avaluació, activitats de síntesi i estructuració, etc) i la modelització per activitat científica escolar que interrelaciona fets experimentals, llenguatge científic i pensament teòric.

- Institut F.

L'alumnat d'aquest institut ha demostrat una capacitat de transferir per sobre de la mitjana de la mostra formada pel grup experimental i els tres grups control i també per sobre de la mitjana de les proves PISA de la OCDE i Espanya si tenim en compte els resultats de la pregunta sobre la capa d'ozó de l'any 2000. Com ja hem comentat, la poca quantitat d'alumnes amb complexitat educativa i un nivell de renda familiar elevat, en comparació a la mitjana de l'àrea metropolitana de Barcelona, poden haver contribuït a aquests resultats. També cal destacar que tot l'alumnat del grup ha nascut a Catalunya, fet que descarta que hagi hagut problemes greus de comprensió o expressió escrita en llengua catalana. Pel que fa al professor, destacament com a factor positiu el grau de domini del coneixement químic i ja hem vist que la poca experiència docent no sembla ser un factor determinant, d'acord amb les dades recollides. Més enllà del coneixement sobre el contingut, la recerca en educació indica que és molt més important el coneixement didàctic sobre aquest. Sobre aquest aspecte, destaquem la selecció adequada d'idees abstractes dels models teòrics de la química i el seu mètode d'avaluació productiva com un promotor de la capacitat de transferir, ja que el seu alumnat està acostumat a no memoritzar sense entendre i a ser capaç d'aplicar el que s'ha treballat a l'aula en situacions lleugerament diferents a les proves escrites. Fins i tot, sense processos de modelització per activitat científica escolar, bona part de l'alumnat ha après significativament idees clau del model de partícules i ha sigut força capaç d'activar-les i aplicar-les en contextos rellevants,

malgrat que les tasques d'avaluació a les que estava acostumat eren descontextualitzades i això pot haver fet que a alguns alumnes els hagi distret la informació contextual de la tasca. El fet que el nombre d'alumnes amb menys capacitats sigui inferior en comparació als altres grups, podria explicar que fins i tot sense activitats de regulació metacognitiva el grup, en promig, hagi obtingut uns resultats notables al transferir, tal i com ja s'ha comentat, l'alumnat més capacitat s'autoregula per si sol sense necessitat d'activitats específiques que facin de bastida. Finalment, el fet que el nivell cultural de les famílies pugui afavorir la percepció de l'alumnat sobre la importància del que es fa a l'institut (tant si es per motivació intrínseca, "saber transmetre el plaer del coneixement", com si es per extrínseca, "si suspens et castiguem sense sortir) pot haver contribuït a millorar el grau d'implicació de l'alumnat en el propi procés d'aprenentatge, fins i tot sense haver fet servir contextos rellevants que probablement incrementarien encara més la seva motivació i el seu aprenentatge, d'acord amb els nostres resultats del capítol anterior.

Quant a la quantitat d'alumnes que triaria física i química a 4t, podríem dir que es troba en un terme mig (39%), ja que no es tan baixa com en el cas de l'institut de l'institut B (15%) ni tan alta com a l'institut Europa (63%). Els que sí la trien ho fan majoritàriament per motivació intrínseca, i els que no ho fan perquè ja han decidit optar per altres vocacions no científiques. Tal i com ja hem dit per als instituts anteriors, els factors que poden haver desmotivats l'alumnat (o que si s'haguessin incorporat al CDC haurien millorat més el percentatge de vocacions científiques) per la física i la química són: 1) contextualitzar l'aprenentatge per a explicitar les relacions CTS i la rellevància de la química en la societat i les professions del futur; 2) Aprendre els models teòrics a través d'activitat científica escolar i activitats de regulació metacognitiva, ja que la forquilla d'alumnes que aprendria els models teòrics seria més ampla i trencar la visió elitista de la branca científica; aquesta idea que va aparèixer a les entrevistes de l'alumnat, encara està força arrelada entre tots els membres de la comunitat educativa i molt sovint l'alumnat menys capacitat fuig de la branca científica malgrat la enorme oferta de cicles formatius de grau mitjà i superior sobre ciències i tecnologia.

- Institut Europa.

L'alumnat de l'institut experimental ha demostrat una capacitat de transferir per sobre de la mitjana de la mostra i, en promig, del mateix nivell que l'institut F, malgrat que l'alumnat de l'Europa es d'un nivell sociocultural més baix i a l'aula trobem molts alumnes amb problemes econòmics (famílies a l'atur), socials (alumnes que viuen en centres d'acollida), lingüístics (alumnat nouvingut castellanoparlant però també asiàtic) i culturals (alumnes d'ètnia gitana amb una escala de valors diferent); per aquest motiu, aquest centre també ha estat catalogat com un centre d'especial dificultat per la Generalitat de Catalunya, igual

que l'institut E. Les dades comparades amb les mitjanes d'Espanya i la OCDE de la pregunta sobre la capa d'ozó també mostren un percentatge d'encert de més del doble. En aquest cas, el CDC desenvolupat a partir de la implicació en la recerca en didàctica podria haver estat un factor determinant d'aquests resultats tot i que tal i com es va recollir a les dades de l'entrevistes a l'alumnat, l'estil docent també pot haver contribuït notablement. Les dades sobre el CDC del professor i investigador les inferim a partir de la proposta de criteris per l'ensenyament contextualitzat que es va justificar a partir dels referents teòrics al capítol de metodologia. Malgrat que no s'han pogut controlar totes les variables, els nostres resultats apunten alguns factors que poden haver contribuït als bons resultats en la transferència: 1) experimentació i modelització per activitat científica escolar; 2) els mecanismes d'avaluació productiva, complexa i contextualitzada; 3) activitats de regulació metacognitiva; 4) l'ús de contextos com a fil conductor per introduir les idees científiques; 5) les activitats de síntesi i estructuració de les idees clau per a construir els models teòrics abstractes de la química.

El 63% d'alumnes que triarien la física i química a 4t és una dada molt destacable, més encara sí tenim en comptes que la majoria ho fan perquè els interessa o els agrada. Els principals factors que poden haver motivat la tria són: primerament, l'ús de contextos que evidencien la rellevància de la química en la societat, en les vides personals i en les opcions professionals; i en segon lloc, el paper actiu de l'alumnat en el seu procés d'aprenentatge i el suport cognitivo-emocional del professor, fet que es pot relacionar amb molts dels aspectes del CDC però també amb l'estil docent. Com aspecte negatiu, destaquem que el 35 % de l'alumnat que ha decidit no triar la física i química a 4t ho perquè la troba massa difícil. Aquesta dada ens indica que una part de l'alumnat segueix necessitant més suport per evitar la frustració i despertar el plaer de ser capaç d'entendre el món natural, i aquest suport s'haurà de concretar en més activitats de regulació metacognitiva, per exemple: exercicis de síntesi i estructuració de les idees abstractes, més activitats d'auto i coavaluació del grau d'assoliment criteris d'avaluació, disseny de rúbriques i bases d'orientació per a millorar la competència científica, entre d'altres. Amb tots aquests esforços es podria contribuir a que no només "els millors" optin per itineraris científics.

SÍNTESI:

Basant-nos en les dades analitzades i essent conscient de que es tracta d'un estudi quasiexperimental en el que no s'han pogut controlar totes les variables que poden afectar als resultats, destacarem els resultats que suggereix el nostre anàlisi de les dades, tant en els aspectes afectius com els cognitius:

Milliores cognitives:

- Aprendre models teòrics clau de la ciència a través de la indagació centrada en la modelització contribueix a l'aprenentatge del coneixement de manera que aquest sigui transferible.
- Avaluar l'alumnat de manera contextualitzada, productiva i complexa i combinar això amb estratègies de regulació metacognitiva pot promoure la capacitat de transferir.
- Estudiants de nivell socioeconòmic baix poden obtenir resultats similars a altres estudiants de nivell socioeconòmic superior si el CDC del professorat està basat en resultats de recerques en didàctica de les ciències.
- Ensenyar un conjunt d'idees abstractes sobre un model teòric clau de la ciència no ens assegura que l'alumnat aprengui aquest coneixement de manera transferible.
- L'experiència docent o el ser especialista en la disciplina del model teòric no semblen ser aspectes crucials pel que fa a promoure la capacitat de transferir de l'alumnat.

Milliores afectives:

- L'ús d'una metodologia basada en contextos rellevants personal, social i vocacionalment millora la percepció de l'alumnat sobre la ciència i genera interès en continuar aprenent sobre aquesta.
- L'ús de la indagació centrada en la modelització i les estratègies de regulació metacognitiva contribueixen a la motivació intrínseca per la ciència (gaudi de ser capaç d'explicar fenòmens nous) i redueixen la percepció de dificultat de l'alumnat sobre la ciència, tot contribuint a que un ventall més ampli d'alumnes opti per itineraris científics i no només els més capacitats.
- Els resultats del primer objectiu ens fan pensar que en aquest estudi comparatiu els aspectes del CDC relacionats amb l'estil docent (control, filiació, empatia, humor, manera de comunicar, gestió de l'aula, etc) també han contribuït a la percepció de la rellevància de la ciència i l'increment de vocacions científiques.

Capítol 6

Resultats i discussió del tercer objectiu

6.1 Introducció

La justificació d'aquest tercer objectiu es relaciona amb la necessitat de la disseminació dels resultats de la recerques en educació per tal de facilitar que arribin i motivin als seus principals usuaris: mestres, professors i alumnes; però també altres professionals relacionats amb la innovació, la divulgació i la recerca educativa. Segons he pogut constatar en la meva doble situació com a professor i investigador, la disseminació hauria de ser un tema més rellevant d'investigació en la didàctica de les ciències i sorprèn el baix nombre de publicacions sobre el tema (Hazen, Wu, Sankar, & Jones-Farmer, 2012; Hutchinson & Huberman, 1994). Tanmateix, cal admetre que aquest és un problema que afecta moltes àrees de coneixement, no només la didàctica de les ciències, ja que la major part de la població desconeix en què s'inverteixen els seus impostos quan es dediquen a recerca i innovació.

El projecte DESIRE, en anglès, Disseminació de les Innovacions i Recerques d'Educació Científica a Europa, (<http://desire.eun.org>) defineix la disseminació com:

"Un proceso a través del cual, utilizando diversas estrategias, se dan a conocer los resultados de un proyecto facilitando a los usuarios potenciales su comprensión y su aplicabilidad".

Segons Hernández, Couso, & Pintó (2013), disseminar no consisteix simplement en posar a disposició del públic uns determinats resultats sinó que també requereix presentar-los de manera que siguin potencialment explotables i aprofitables.

Un cop acabada la recerca, trobem a faltar haver pogut implicar al professorat participant de l'objectiu 2.3 en la recerca perquè probablement ens haguessin ajudat a enriquir la interpretació dels resultats i ells mateixos també haurien millorat el seu CDC. Tanmateix, tenim alguns dubtes respecte a la seva predisposició a participar de manera gratuïta en activitats que s'afegeixen a la seva feina com a professors. En aquest sentit, una recerca basada en el disseny que involucrés als implementadors de les unitats didàctiques, com per exemple la de Hernández et al. (2014), sembla una bona manera de fer recerca i disseminació al mateix temps.

Des d'aquesta perspectiva, ens vam plantejar el tercer objectiu:

Objectiu 3:

Elaborar propostes concretes de disseminació dels resultats d'aquesta recerca que es justifiquin a partir dels marcs teòrics de referència.

En base a això, es plantegen, dos subobjectius:

- **Subobjectiu 3.1:**

Justificar un conjunt de criteris per a l'elaboració d'unitats didàctiques contextualitzades i integradores que promoguin la capacitat de transferir el coneixement científic.

- **Subobjectiu 3.2:**

Caracteritzar un model per a la transferència que sigui útil per al disseny d'activitats d'avaluació i per a diferenciar entre transferències properes i llunyanes.

Per ambdós objectius es van fer servir les dades, els resultats i els referents teòrics dels capítols anteriors sobre contextualització i transferència. La discussió de les propostes serveix de síntesi de la tesi al mateix temps que es generen alguns productes per a la disseminació d'aquesta recerca en un format gràfic que pot facilitar la seva comprensió i aplicació a les aules de secundària.

6.2 Subobjectiu 3.1 Fonamentació teòrica d'una proposta d'EBC

- **Subobjectiu 3.1:**

Justificar un conjunt de criteris per a l'elaboració d'unitats didàctiques contextualitzades i integradores que promoguin la capacitat de transferir el coneixement científic.

Partint de la primera proposta de criteris aplicada al llarg del curs 2012-2013 i després de la recerca realitzada en els dos primers objectius, es van identificar elements per a la millora del disseny de les unitats didàctiques fonamentats en els resultats d'aquesta recerca que també prenen sentit en una segona revisió crítica de la literatura. A continuació es justificarà una proposta millorada de criteris per al disseny didàctic a través de contextos que integri altres estratègies didàctiques basades en evidències de recerca en didàctica de les ciències.

La Figura 21 mostra un esquema que recull els principals criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades. L'estructura parteix de la proposta de Jorba & Sanmartí (1996) però integrant la contextualització tal i com s'havia plantejat al principi d'aquest capítol, tot i que sabem que els processos d'ensenyament i d'aprenentatge són complexos i no segueixen mecànicament uns passos predeterminats.

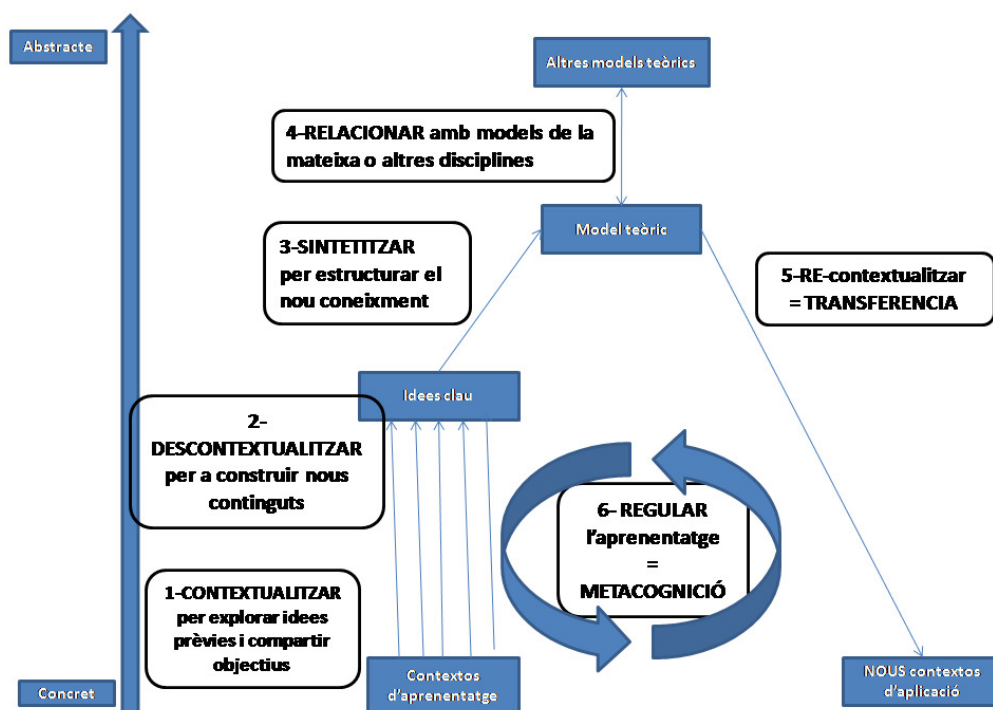


Figura 21. Esquema de la proposta de criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades. Font: pròpia.

A continuació es relacionarà aquesta proposta amb la inicial que es va presentar al capítol 3 i s'inclouran algunes recomanacions didàctiques per a cadascuna de les 6 fases. Al final es farà una fonamentació teòrica dels aspectes de la proposta que poden promoure la capacitat de transferir de l'alumnat.

1. Exploració de les idees prèvies a partir del context inicial.
2. Introducció de noves idees científiques.
3. Síntesi i estructuració de les idees clau del model teòric.
4. Relació amb altres models teòrics.
5. Aplicació del model teòric a nous contextos.
6. Estratègies de regulació metacognitiva.

6.2.1. Exploració de les idees prèvies a partir del context inicial

Recollint de nou totes les idees del bloc "contextualitzar" de la proposta inicial i l'apartat de "característiques dels contextos" de la

Taula 11, afegiríem que la selecció dels contextos ha de tenir en compte tres aspectes:

- Realisme: el context idoni és aquell que es correspon amb un cas real, però en cas que no sigui factible per la complexitat de la realitat, la situació plantejada ha de ser almenys versemblant. A les entrevistes, aquest fet va quedar clar amb la categoria d'anàlisi sobre la importància de la connexió amb fets de la vida real.
- Rellevància: el context idoni és aquell que té rellevància present o futura des del punt de vista personal, social i vocacional. Tanmateix, és força complicat que un context tingui les tres rellevàncies per a tot l'alumnat de l'aula, per això serà necessari el següent aspecte, la diversitat. Tal i com mostren les entrevistes, no tots els alumnes van trobar igual de rellevants els diferents contextos tractats.
- Diversitat: fer servir un selecció variada però limitada de situacions relacionades amb diferents disciplines científiques (aproximació cap a la ciència integrada) o humanístiques (aproximació cap als temes sociocientífics) però amb una temàtica o context global que fa de paraigües de tots els subcontextos. Aquesta estratègia contribueix a: 1) ampliar la quantitat d'alumnes que puguin sentir interès per les situacions plantejades, ja que cadascun d'ells té les seves inquietuds i interessos; 2) promoure una visió de la ciència com a disciplina que afecta diferents aspectes de la vida quotidiana i que les seves teories són generals i de validesa universal tot i que són revisables i modificables. L'alumne A2 ho va resumir així: "no solo sirve para un contexto sino que puede servir para otras cosas". Els contextos seleccionats no s'introdueixen tots de cops sinó que centrem l'atenció en cadascun d'ells per extreure'n alguna idea abstracta del model teòric.

En relació a aquest últim punt s'ha de reconèixer que només es tracta d'una opció entre moltes possibles. Per exemple, una altre enfocament de la contextualització seria l'ús d'un únic context i treballar amb l'alumnat aquells coneixements científics que promouen la presa de decisions fonamentada de manera que al final del procés l'alumnat justifiqui una actuació determinada en aquell context. Aquesta aproximació és especialment interessant en els contextos que es promouen des de l'educació ambiental que tenen per objectiu capacitar l'alumnat per actuar de manera sostenible. En resum, caldria fer més recerques per a valorar els avantatges i inconvenients de la opció que hem presentat en comparació a d'altres aproximacions a la contextualització.

El context seleccionat ha de servir per a explorar les idees prèvies de l'alumnat i per tant, dur a terme activitats que facilitin que l'alumnat pugui buscar i fer emergir el seu coneixement previ sobre la situació plantejada, tot connectant de manera emocional i cognitiva (Aliberas, 2012) amb l'experiència per tal de generar les

ganes de saber més. També ha de servir per a compartir els objectius d'aprenentatge amb l'alumnat i despertar inquietuds i emocions envers el nou coneixement, tot reflexionant sobre la funcionalitat dels nous aprenentatges.

6.2.2. Introducció de noves idees científiques

El context ha de ser significatiu des del punt de vista científic, és a dir, ha de permetre l'estudi d'algunes idees clau de la ciència que contribueixen a desenvolupar la competència científica. Actualment els currículums de ciències de molts països han consensuat força què s'entén per competència científica i quins són els sabers a construir. En canvi, el coneixement que es considera la cultura científica bàsica depèn molt del moment històric. Pel que a la diversitat del contingut científic, proposem una organització en cinc tipologies (Catalunya, 2009; de Jong & Talanquer, 2015):

- Visions generals sobre relacions CTS: per exemple, la contribució de la química a un societat més sostenible i respectuosa amb el medi ambient.
- Informacions concretes sobre el context: per exemple, com afecten els clorofluorocarburs a la capa d'ozó.
- Idees clau d'algun model teòric de la ciència: per exemple, la distribució de les partícules a l'estat gasós, que format part del model de partícules o discontinu de la matèria.
- Idees clau sobre els mètodes i la naturalesa de la ciència: per exemple, la diferència entre creença i evidència o les etapes d'una investigació científica.
- Metaconceptes o conceptes transversals (en anglès, "cross-cutting concepts"): per exemple, la dualitat canvi-conservació o sistema-entorn en els fenòmens naturals.

Cadascuna d'aquestes idees hauria d'estar connectada amb algun aspecte del context seleccionat i és convenient explicitar aquesta connexió, per exemple, en forma de preguntes com: "Com s'expliquen les propietats sorprenents la fibra de carboni?". Tal i com vam veure a les entrevistes, la categoria sobre la necessitat d'aprendre idees de ciències no va ser prou destacada per tot l'alumnat entrevistat, per tant, aquest serà un aspecte en el que s'haurà de posar èmfasi perquè l'aprenentatge no sigui superficial, és a dir, només inclogui el primer i segon tipus d'idees com passa en alguns projectes en context com el "Chemistry in Context" o en els cursos CTS purs, segons la categorització feta per Aikenhead (1994).

Un aspecte molt controvertit sobre les idees clau és si s'han de memoritzar o no, i en cas que sí, quines idees clau cal memoritzar. Pel que fa a aquesta qüestió, una possibilitat és la de PISA 2015 que afirma que no s'avaluen els contextos, per tant entenem que no s'avalua la capacitat de recordar el primer i el segon tipus d'idees.

El motiu principal que va portar la OCDE a aquesta decisió és probablement la gran quantitat de condicionants culturals dels diferents països. Pel que fa al tercer i al quart tipus de contingut, potser sí és interessant que l'alumnat pugui recordar algunes idees de models teòrics clau de la ciència o de la naturalesa i els mètodes de la ciència però pensant en una educació per al segle XXI. Els ciutadans cada vegada tenim accés a més fonts d'informació amb un sol "clic", aleshores potser n'hi hauria prou amb que l'alumnat fos capaç de buscar, seleccionar i interpretar el coneixement teòrics que necessita aplicar per a la resolució d'una tasca o la interpretació d'un fenomen. En canvi, aquelles informacions concretes i associades a un únic context que es poden trobar ràpidament amb una consulta a Internet no sembla interessant que l'alumnat les hagi de memoritzar. Quant a l'últim tipus d'idees (metaconceptes) apareixen de manera implícita en l'aprenentatge dels models teòrics, tot i que cal destacar-los perquè l'alumnat en sigui més conscient. Un exemple seria l'estudi de les reaccions exotèrmiques i endotèrmiques, que requereix distingir entre sistema i entorn però també canvi-conservació, perquè l'energia total es conserva però canvia la forma com es manifesta aquesta energia.

Tal i com mostren les múltiples fletxes de la Figura 21, les fases 1 i 2, s'anirien repetint simultàniament fins a disposar d'un cert nombre d'idees clau científiques. En aquest punt, aquestes idees s'han tractat de manera poc connectada entre si i es fa necessària la següent etapa per tal d'evitar un aprenentatge atomitzat dels conceptes que dificultaria la resolució de tasques complexes en les que són necessàries diverses idees abstractes al mateix temps.

6.2.3. Síntesi i estructuració de les idees clau del model teòric

En aquesta etapa es tractarà de jerarquitzar, organitzar i relacionar les diferents idees clau que emergeixen dels subcontextos d'aprenentatge, per exemple, a través de mapes conceptuals que primer s'elaboren individualment i després es comparen amb altres companys i amb el professor. Un exemple de mapa conceptual és el que mostrem a la Figura 22 (Gilbert et al., 2011) pel context de fer gelat al laboratori. Tal i com es pot veure, en aquest cas el mapa conceptual és una barreja d'idees clau dels cinc tipus mencionats a l'apartat anterior que prioritza la relació entre les idees i l'escenari del context. Un aspecte interessant a investigar seria la conveniència d'aquesta barreja d'idees o si els mapes conceptuals s'haurien de fer només per a les idees clau dels models teòrics, com el que presentem a la Figura 23 o com els del currículum d'Austràlia que es van mostrar a la Figura 3 (capítol 2) en els que s'explicita el significat de cada idea clau amb una frase però no apareix cap contingut contextual.

Un altre exemple d'activitat de síntesi són les bases d'orientació. Una base d'orientació és un instrument que consisteix en una seqüència d'accions que l'alumne/a ha de seguir per realitzar una tasca de manera satisfactòria, per tant, són instruments dedicats a la planificació i anticipació de les accions a realitzar.

Per exemple, en d'altres estudis no publicats sobre l'elaboració d'aquestes bases hem vist que els alumnes amb més dificultats les fan més detallades i sempre fan referència a exemples concrets. Per altra banda, l'alumnat més capacitada elabora bases d'orientació més sintètiques i emprant idees abstractes.

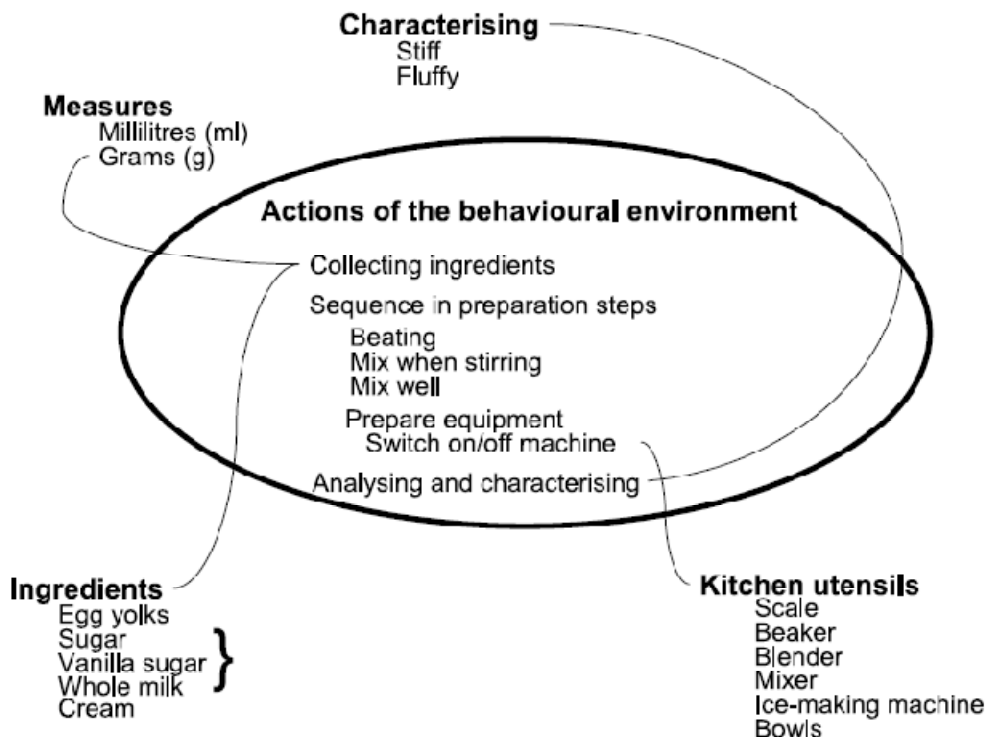


Figura 22. Exemple de mapa conceptual sobre el context "Fer gelat al laboratori" que barreja tot tipus d'idees contextuais, teòriques i supradisciplinars. Font: Gilbert et al. (2011)

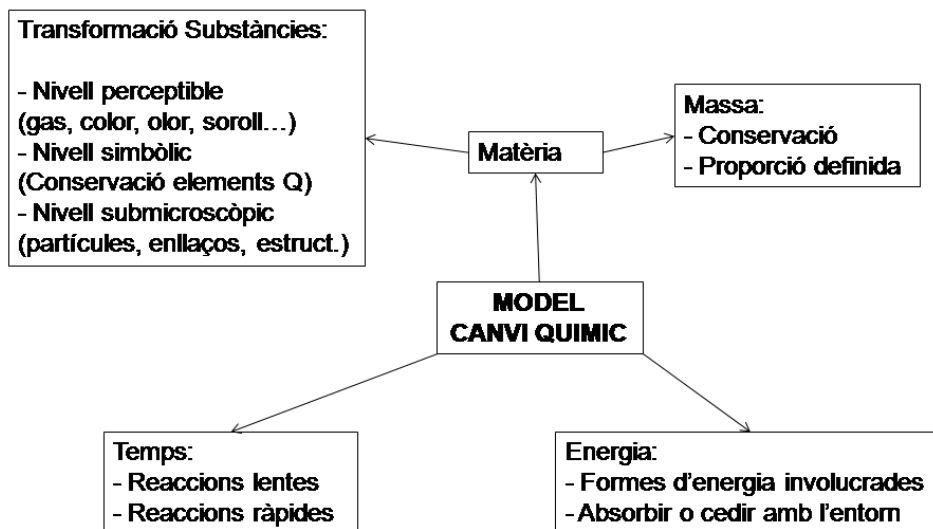


Figura 23. Exemple de mapa conceptual amb les idees clau sobre el model teòric canvi químic a 3r d'ESO. Font: pròpia.

Aquesta tercera etapa dependrà molt de la selecció d'idees clau per a cada context i es poden distingir dues opcions, amb situacions intermèdies:

Opció 1: Quan el fil conductor és el context i es treballa per projectes globalitzats, és a dir, es van tractant totes les idees clau que es puguin relacionar amb els contextos d'aprenentatge, fins i tot si són de disciplines diferents. Aquest tipus d'aproximació promou una visió integrada del coneixement científic però requereix d'una estructura curricular i organitzativa diferent a la que habitualment hi ha als centres de secundària, és a dir, un treball per projectes. Quan es fa servir aquesta metodologia la síntesi d'idees clau s'ha d'anar fent en diferents moments del curs i cal tenir molt clars els elements organitzadors de les idees per seguir un currículum en espiral que concreta de manera clara la progressió dels models de manera que al final d'etapa s'hagin inclòs totes les idees clau que es considera que un ciutadà necessita per a ser competent. En aquesta primera opció també es poden elaborar els projectes per àmbits (per exemple, l'àmbit científicomatemàtic o l'àmbit sociolingüístic) i això facilita la síntesi dels models teòrics per l'afinitat de les disciplines de l'àmbit. En alguns casos aquesta opció es limita a exposar diferents centres d'interès a l'alumnat (per exemple, a primària) que li permeten aprendre informacions molt concretes de manera que al final del procés no s'ha aprofundit en una gran idea de la ciència.

Opció 2: Quan el fil conductor és la construcció d'un model teòric disciplinar, és a dir, es van tractant només aquelles idees clau del context que es poden relacionar amb el model teòric que es vol construir a través d'aquella unitat didàctica, tot i que es poden construir diversos models alhora al llarg d'un curs, per exemple, el model

canvi química es pot iniciar amb un context sobre combustibles i es pot acabar enriquint amb un context sobre nutrició. Aquesta opció és més fàcilment aplicable amb el currículum actual fragmentat en matèries i les tasques de síntesi són més senzilles ja que les idees clau són al voltant d'una mateixa disciplina i normalment d'un mateix model teòric.

A partir de l'exploració dels tipus de mapes conceptuals anteriors, els mapes del currículum australià en que les idees clau es verbalitzen amb enunciats i s'ordenen de més a menys dificultat són una bona estratègia tal i com justifiquen totes les recerques recents sobre progressions d'aprenentatge (Duschl, Maeng, & Sezen, 2011; Hernández et al., 2014). Tanmateix, en aquest proposta de currículum per a tota l'etapa educativa (dels 0 als 18 anys) es troben a faltar alguns exemples de relacions amb contextos. Per aquest motiu, la nostra proposta de mapa de progressió d'idees clau per una unitat didàctica seria com la de la Figura 24 per al cas de la construcció del model teòric sobre l'estructura atòmica, tant la part nuclear com l'electrònica, que seria un nivell més profund del model de partícules. A la dreta s'indiquen els contextos d'aprenentatge que s'han fet servir per introduir cada idea clau en forma de preguntes ja que la pregunta (quan es planteja bé) es una estructura lingüística potent que ajuda a l'alumnat a apropiarse dels objectius d'aprenentatge i a explorar les seves idees prèvies sobre la seva explicació inicial (Roca, 2008). El punt negre connecta la pregunta-guia de cada context amb la progressió d'alguna idea clau a partir d'una idea anterior. Cada quadre blau és l'enunciat que descriu una idea clau del model que està relacionada amb d'altres d'idees però també algun o alguns dels contextos de la dreta. A baix de tot s'indica el model teòric i el coneixement previ (aquell que suposem que s'ha construït en etapes educatives anteriors) que representa el punt de partida de l'alumnat. Aquest mapa representa un registre de com l'estudi de diferents contextos ha anat enriquint un model teòric a partir del "creixement" de noves idees més complexes i potents, però a partir de les "branques" del principi, pensant en l'analogia del creixement d'un arbre.

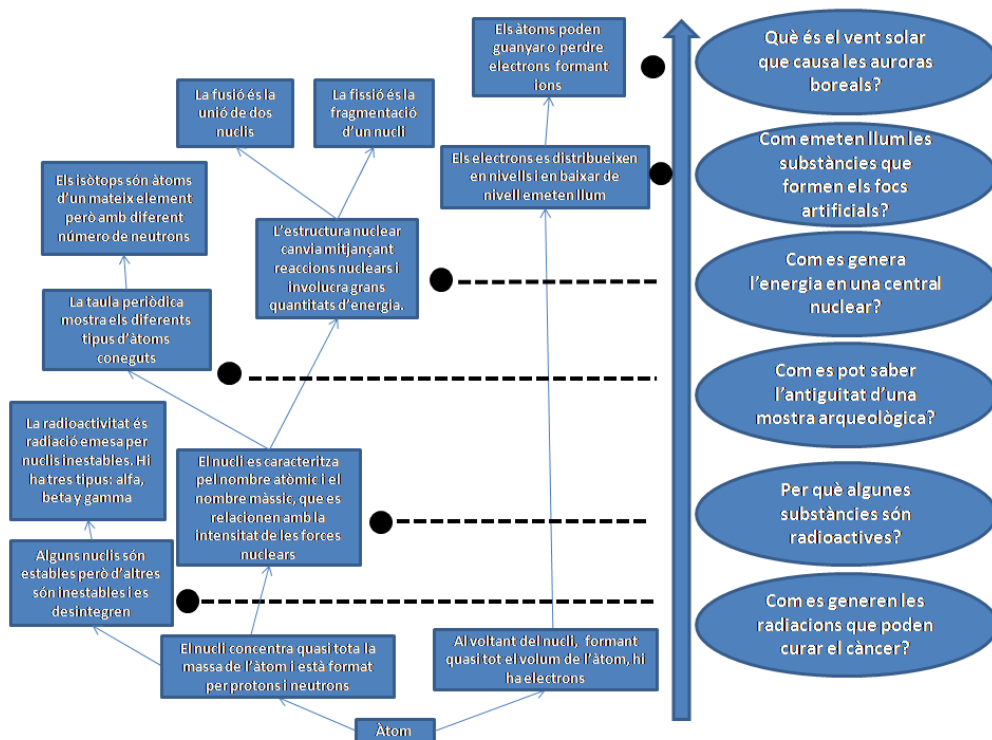


Figura 24. Hipòtesis de progressió de les idees clau del model teòric sobre l'estructura atòmica a partir de l'estudi de diferents contextos. Font: pròpia.

En qualsevol cas, el que si han deixat clar les opinions de les entrevistes (com per exemple, quan A2 diu "me ha costado mucho estudiar física i química ") i les observacions a l'aula és que quan es fa servir un enfocament didàctic com l'EBC, les activitats de síntesi són molt més necessàries que en un ensenyament tradicional perquè la complexitat del context pot fer que l'alumnat es desorienti i no sigui capaç de distingir els diferents tipus de continguts que hem obtingut i la seva rellevància i aplicabilitat.

Pel que fa a les idees del coneixement epistèmic i procedimental de la ciència, sembla que hi ha força consens sobre que la millor estratègia d'ensenyament no és una instrucció explícita d'aquestes idees sinó fer-ho a través d'activitats que requereixen també idees de ciència en contextos reals. Pel que fa als experiments, els alumnes destaquen a les entrevistes que els van molt bé perquè són divertits i els ajuden a aprendre, però és molt habitual realitzar-los de manera desconnectada de l'aprenentatge teòric, fet que els pot deixar reduïts a un joc o a simples demostracions (Caamaño, 1992). En aquest sentit, l'activitat científica escolar (Izquierdo et al., 1999) és una proposta que integra la modelització d'idees

clau amb l'aprenentatge de coneixements sobre la ciència a través de l'experimentació, és a dir, els experiments no només com activitat de demostració després de la teoria o d'aplicació al final d'una unitat, sinó com una eina potent a través de la qual es facilita la construcció de models teòrics.

En conclusió, el disseny d'unitats didàctiques contextualitzades és un tema controvertit i complex en el que encara hi ha moltes opcions sobre la taula que s'estan investigant. Les propostes d'aquest apartat són una aportació més al debat de com integrar les pràctiques científiques modelitzadores i indagadores a través de contextos rellevants per a l'alumnat (Couso, 2013).

6.2.4. Relació amb altres models teòrics

En aquesta quarta etapa es tractarà de fer breus connexions entre el model teòric principal que s'ha elaborat a partir dels contextos i altres models teòrics que siguin significatius per a l'alumnat per la discussió generada al voltant de les situacions rellevants. En aquest punt, ens trobem en el grau d'abstracció més alt de tot el procés, al que potser no hi podrà arribar tot l'alumnat. Pel que fa a les relacions entre models teòrics podríem distingir tres tipus:

- Entre models teòrics de la mateixa disciplina científica: per exemple, la relació entre el model de partícules i el model canvi químic en el context d'una notícia sobre una caldera que ha matat una família a L'Hospitalet per intoxicació de monòxid de carboni.
- Entre models teòrics de diferents disciplines científiques: per exemple, en el mateix context de la caldera, relacionar el model de partícules (química) amb el model ésser viu (biologia), en concret amb els aparells circulatori i respiratori i com la molècula d'hemoglobina es veu afectada pel monòxid de carboni.
- Entre models teòrics de disciplines científiques i humanístiques: per exemple, en el mateix context de la caldera, preveure mesures d'informació a la població (sociologia), estimacions econòmiques del cost de reparació i revisió de les calderes amb més freqüència (economia), entre d'altres. En aquest cas, estaríem apropant-nos a l'àmbit dels temes sociocientífics, tot i que no necessàriament han de ser assumptes controvertits, és a dir, qüestions en els que la ciència per sí sola no resol el problema (Domenech, 2014).

Tal i com ja hem dit, sembla que una de les estructures curriculars amb més futur és el treball globalitzat per projectes perquè és una organització que facilita la interrelació entre coneixements de diferents camps del saber i promou la capacitat d'aplicació integrada de coneixements diversos, és a dir, el desenvolupament de les competències. Tanmateix, amb una estructura curricular tradicional i des de l'assignatura de biologia i geologia o física i química també es poden fer breus

connexions amb d'altres branques del saber quan s'escaigui i sigui significatiu per l'alumnat, tenint en compte les limitacions de temps.

6.2.5. Aplicació del model teòric a nous contextos

L'etapa de recontextualització es relaciona amb presentar un(s) nou(s) context(os) a l'alumnat en el que aquest hagi d'aplicar els seus models mentals en relació als models teòrics treballats per resoldre un problema, dur a terme una tasca o interpretar una situació. Caldria tenir en compte els mateixos criteris de selecció (realisme, rellevància i diversitat) que es van definir per als contextos inicials. L'alumnat entrevistat reconeix la gran dificultat que suposa aplicar el coneixement en contextos nous i aquest fet ja és un argument per realitzar més activitats de transferència amb l'alumnat. Mentre la tasca es situï a la zona de desenvolupament proper de l'alumne (Vygotsky, 1978) representarà una oportunitat d'aprenentatge significatiu. El més probable és que bona part de l'alumnat en el primer intent i per sí sols no puguin transferir, però amb l'ajuda dels companys o dels professors podran fer-se progressos sobretot si es realitzen activitats com les del següent apartat.

Des de l'òptica del concepte de transferència, aquestes activitats de recontextualització poden ser de més o menys demanda cognitiva (transferències llunyanes o properes). Els nostres resultats de recerca suggereixen que tot l'alumnat hauria de ser capaç de realitzar transferències properes però caldria reservar les llunyanes per a l'alumnat de més capacitats.

6.2.6. Estratègies de regulació metacognitiva

La regulació metacognitiva és una estratègia pedagògica que ha d'estar present al llarg de tot el procés d'ensenyament i és convenient que es realitzi en el major nombre possible d'activitats d'aprenentatge, d'acord amb el temps de què disposem. Distingirem tres tipus d'activitats de regulació metacognitiva (Sanmartí, 2010) en funció del moment de la Figura 21 en el qual tenen lloc:

- A l'inici (etapes 1 i 2): compartir i consensuar objectius d'aprenentatge i criteris d'avaluació. Per exemples, les preguntes-guia de la Figura 21 o la taula de l'annex 2.
- Al mig (etapa 3): realitzar bases d'orientació per a planificar i orientar l'acció i valorar el grau d'assoliment dels objectius d'aprenentatge i els criteris d'avaluació inicials. Per exemple, dissenyar amb l'alumnat unes pautes sobre "en que cal pensar" per a respondre de manera completa a preguntes que comencen per "justifica...", posant èmfasi en la l'ús d'idees científiques pel que fa a la relació entre els fets concrets i les idees abstractes.

- Al final (etapa 3 i 4): realitzar d'activitats de síntesi i activitats de transferència. En aquestes últimes és important que l'alumnat sigui conscient de les dificultats durant la realització i els errors o mancances del producte final. Un cop detectats els aspectes problemàtics caldrà oferir oportunitats a l'alumnat perquè reconstrueixi els seus models mentals a partir de saber el perquè de la poca qualitat de la seva resposta, amb l'ajuda de recursos materials (llibres, apunts o Internet) o altres persones, companys o professors. Destaquem l'ús de les rúbriques com una estratègia potent per a l'avaluació del grau de qualitat d'aquest tipus d'activitats ja que no només s'indica el grau de la qualitat de la tasca (qualitativament, molt bé, bé, etc... o amb números) sinó també els motius que diferencien que la tasca estigui en un grau i no en un altre. A més, si es fa partícip l'alumnat en el disseny i aplicació de les rúbriques s'està promovent la presa de consciència del procés d'aprenentatge.

6.2.7. Fonamentació teòrica de la contribució a la capacitat de transferir

Tal i com indica l'objectiu 3.1, aquesta proposta té per objectiu promoure que l'alumnat sigui capaç de transferir models teòrics de la química. A partir dels resultats de les entrevistes i observacions d'aula, justificarem els aspectes concrets de la proposta que valorem que contribueixen a la transferència d'acord amb els resultats d'aquesta recerca:

1. La diversitat de contextos. A les entrevistes s'evidencia que l'alumnat tendeix a associar la idea clau amb el context en què va ser apresada. Per exemple, reaccions químiques amb la combustió de la caldera. El fet de treballar el model teòric canvi químic en més contextos a part de la combustió, pot facilitar que l'alumnat reconegui el canvi químic com un conjunt universal d'idees generals i aplicables en molts contextos. Tanmateix, aquest diversitat de contextos s'hauria de seqüenciar en ordre creixent de complexitat de les idees clau del canvi químic que es van aprenent. Però ja hem dit que la seqüenciació dels diferents contextos és un aspecte que encara s'ha d'investigar més.
2. La síntesi d'idees clau. A les observacions d'aula i les activitats de transferència es va evidenciar que l'alumnat té més dificultats per a realitzar aquelles tasques que requereixen l'aplicació de dues o més idees clau en comparació amb les que només requereixen una. La interpretació que fem d'aquest resultat és que l'alumnat ha après de manera aïllada les idees clau (Gilbert et al., 2011; Gilbert, 2006), és a dir, sense tenir present la relació entre les idees clau que formen part d'un mateix model teòric. Les activitats de síntesi haurien de contribuir a la capacitat d'aplicar diverses idees alhora de manera interrelacionada.

3. La regulació metacognitiva. A les entrevistes l'alumnat va transmetre la gran percepció de dificultat de les tasques de transferència però al mateix temps va reconèixer la utilitat de les activitats de regulació sobre les proves escrites en què ells mateixos havia d'indagar en el perquè dels seus errors, fet que ha suposat una millora al llarg del curs tal. Des de la nostra experiència, davant d'un canvi en l'avaluació, l'alumnat necessita temps per a adaptar-se.

Per últim, el subobjectiu 3.1 destacava que les unitats didàctiques a més de ser contextualitzades també havien de ser integradores. Per integradores volem dir que contenen metodologies molt diverses i de les moltes línies de treball en didàctica de les ciències: indagació, modelització, llenguatge i argumentació, treball cooperatiu, ús de les TIC, regulació metacognitiva, entre d'altres. És a dir, el context esdevé un element vertebrador d'un ampli ventall d'activitats d'ensenyament-aprenentatge en el que cap innovació educativa amb evidències de la seva utilitat n'ha de quedar exclosa. Dit d'una altra manera, l'ús del context probablement és un element més a tenir en compte però per sí sol no hagués contribuït a una millora en l'aprenentatge. Per exemple, l'ús de contextos amb una metodologia basada en presentacions "PowerPoint", sense experimentació al laboratori i un acostament comunicatiu autoritari i no interactiu no permetria a l'alumnat grans progressos en el seu aprenentatge. Per acabar aquest capítol compartim amb els lectors una infografia (Figura 25) que recull moltes de les idees clau de la didàctica de les ciències de manera integrada i que s'ha fet servir per a diferents cursos de mestres i professors de secundària en formació inicial.

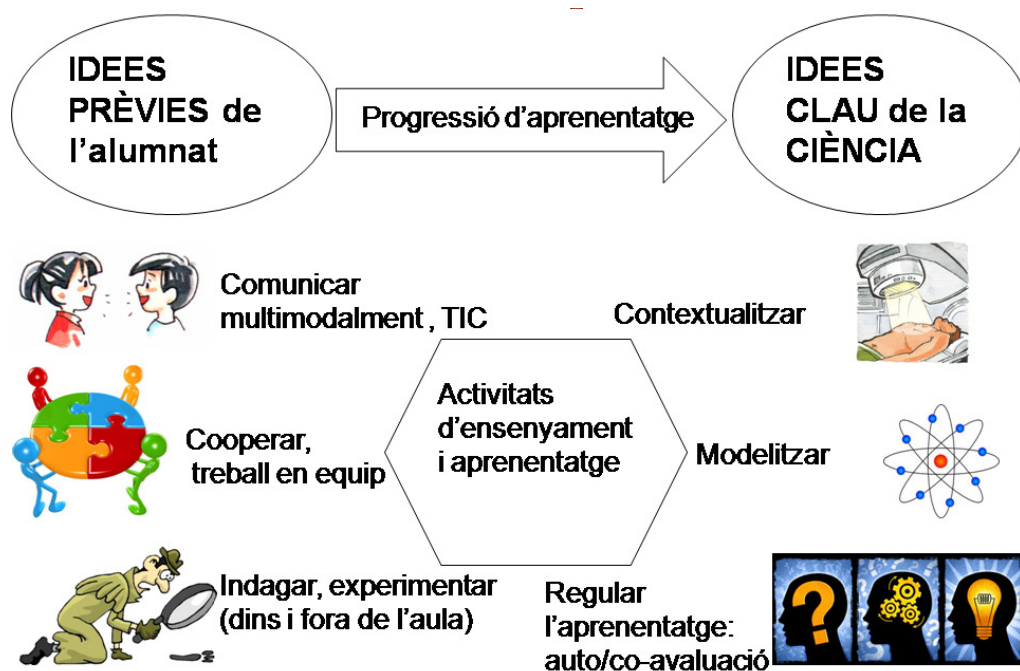


Figura 25. Esquema d'integració d'algunes idees clau de la didàctica de les ciències. Font: pròpia.

6.3 Subobjectiu 3.2 Sobre la caracterització de la transferència

▪ Subobjectiu 3.2:

Caracteritzar un model per a la transferència que sigui útil per al disseny d'activitats d'avaluació i per a diferenciar entre transferències properes i llunyanes.

En aquest subobjectiu es faran servir els resultats dels dos objectius anteriors i la informació rellevant de la revisió bibliogràfica sobre transferència del capítol 2. A partir d'aquestes fonts de dades, proposem un marc teòric en forma d'esquema gràfic per a caracteritzar els factors que influeixen en la transferència i com aquests poden ser útils per al disseny de tasques competencials que requereixin transferir però destacant allò que condiciona que una transferència resulti més o menys complicada per a l'alumnat. A més a més, aquest mateix marc teòric s'ha emprat per a identificar i caracteritzar perfils d'alumnes transferidors a partir de les respostes a les tasques d'avaluació competencial realitzades durant el curs 2012-2013.

6.3.1. Presentació i justificació de la proposta

El punt de partida de la proposta que es presenta són les investigacions sobre transferència del coneixement químic de Dori i Sasson que presenten en forma de model tridimensional (Figura 4) i que es va descriure al marc teòric (Dori & Sasson, 2013; Sasson & Dori, 2015). Segons el seu model, la transferència té tres atributs:

1. La distància entre tasques: es refereix al grau de similitud entre la nova situació i la inicial. Per exemple, si s'ha estudiat l'estructura del NaCl(s) la distància gran seria explicar la del Carboni grafit però una curta seria explicar la del KCl(s).
2. La interdisciplinarietat: es refereix a la quantitat de contextos, dominis o disciplines implicades en la tasca. De menor a major complexitat tindriem primer una branca de la química (química orgànica), després la pròpia disciplina i finalment una integració entre diverses disciplines (química i biologia o fins i tot química i economia).
3. Les habilitats: es refereix a les destreses mentals necessàries per a realitzar la tasca, com per exemple de baix ordre serien recordar o descriure i d'alt ordre serien justificar o predir.

En aquest model sobre la transferència, l'atribut sobre interdisciplinarietat que recull el coneixement necessari per a realitzar la transferència no pot explicar les nostres dades sobre els raonaments i les dificultats de l'alumnat al transferir. Els nostres resultats justifiquen la introducció d'un element addicional, el nivell de contextualització de la tasca com un indicador de com d'inserit està el context a l'activitat i si és necessari interpretar informació contextual per a resoldre la tasca.

Tenint en compte algunes mancances detectades en aquest model, proposem una modificació d'aquest que recull els tres atributs anteriors i n'afegeix d'altres, tot enriquint la caracterització i aplicabilitat de la transferència com una habilitat clau per a la competència científica. En aquest sentit, argumentarem que la dificultat de la transferència (i per tant, el fet que es pugui caracteritzar com propra o llunyana) es pot articular al voltant de tres dimensions (veure la Figura 26):

1. La dimensió conceptual.
2. La dimensió contextual.
3. La dimensió cognitivo-lingüística.

A continuació es descriuran aquestes tres dimensions amb exemples concrets de transferències.

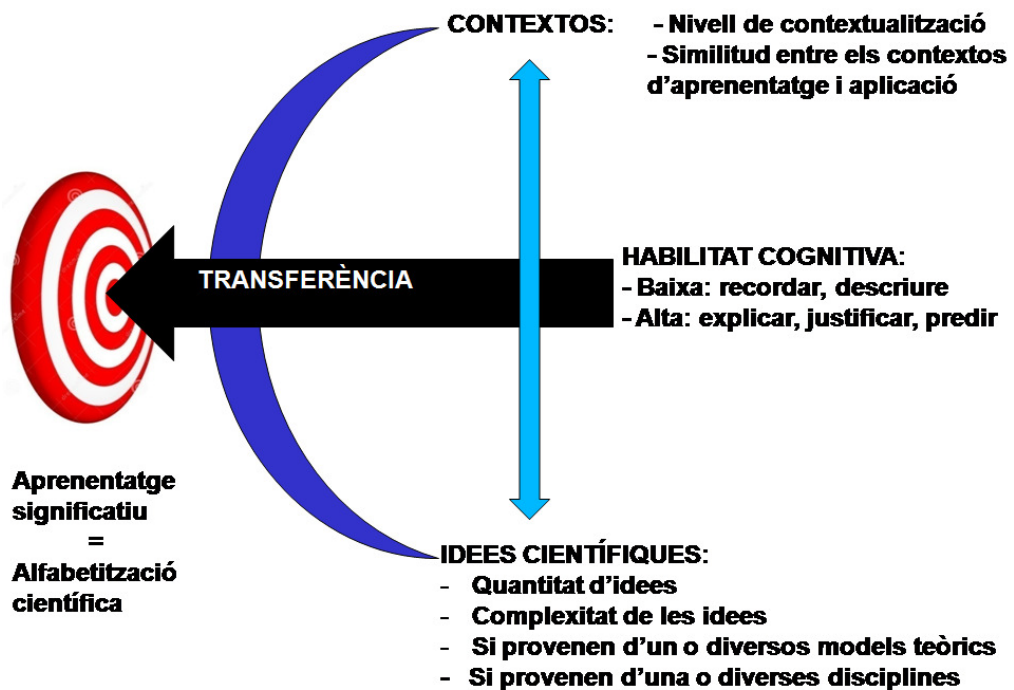


Figura 26. Esquema amb els factors que caracteritzen la transferència.

- La dimensió conceptual: es refereix a les idees científiques necessàries per a realitzar completament la transferència. Serà important:
 - la quantitat d'idees que l'alumne ha d'activar i per tant recordar o trobar a les fonts d'informació que li proporcionem per després aplicar a una situació. Un aspecte a millorar és com quantificar les idees, ja que implica fragmentar el coneixement i atomitzar-lo i això no afavoreix la transferència llunyana que implica interrelacionar moltes idees. La nostra proposta és que cada idea s'articuli com una oració simple d'unes 10-20 paraules amb subjecte, verb i predicat, per exemple: "La pressió que exerceix un gas és la conseqüència dels xocs de les partícules amb les parets del recipient".
 - la complexitat de cadascuna de les idees. Per exemple, aquelles idees sobre les quals s'han identificat a la literatura concepcions alternatives persistents, són més difícils de mobilitzar correctament per part de l'alumnat, com el cas de la pregunta PISA2006 en que una bona part de l'alumnat deia que les molècules del gas es dilataven. Un altre aspecte relacionat amb la complexitat és el grau d'abstracció de les idees, per exemple, totes les idees associades a formalismes matemàtics solen presentar més dificultats per a l'alumnat perquè a més de l'abstracció científica cal afegir-li la del llenguatge matemàtic.
 - si provenen del mateix model teòric o de diversos. Per exemple, és més fàcil mobilitzar dues idees clau del model de partícules que estan connectades entre si, com una de pressió i l'altre de temperatura, i aplicar-les al mateix problema. En canvi, una tasca de transferència que requerís una idea clau del model partícules i una altra del model canvi químic probablement representaria més problemes per a l'alumnat. Per exemple, en el cas de la física, un problema en el que una partícula amb càrrega elèctrica fa un tir parabòlic en un condensador seria una transferència molt llunyana perquè cal activar idees de models teòrics, el de la mecànica de Newton i el de l'electrostàtica (Hinojosa & Sanmartí, 2015).
 - Quan provenen de models teòrics diferents, si els models són d'una única disciplina o de diverses. Per exemple, el problema de l'ou que sura quan es podreix va resultar ser una transferència molt llunyana. Un dels principals motius podria ser el fet que calia pensar en vàries idees científiques de models teòrics i disciplines diferents, algunes de la biologia (bacteris descomponedors...) i d'altres de la química (... que fan reaccions químiques que generen gasos).

- La dimensió contextual: es refereix als dos contextos, el d'aprenentatge i el d'aplicació. En aquest sentit, serà important:
 - el grau de similitud entre el dos contextos (quant a les accions, substàncies, llenguatge, etc) i si són de la mateix àmbit (personal, local o global) o àrea d'aplicació (salut, medi ambient, tecnologia,...) ja que això facilita el pensament analògic entre contextos amb frases, mentals o expressades, del tipus "això és com...". Pel cas de la química, és molt habitual aprendre el model canvi químic a partir de l'estudi de les combustions però això després dificulta que aquestes mateixes idees siguin aplicades en processos dels éssers vius com la fotosíntesi o la respiració cel·lular. Aquest fet es va evidenciar a la pregunta sobre l'augment de massa de l'arbre, en el que només un alumne va aplicar la llei de la conservació de la massa al problema.
 - El nivell de contextualització de la tasca. A l'entrevista del professor de l'institut F, ja s'afirmava que els exercicis teòrics (és a dir, sense context) són més fàcils que els que estan contextualitzats. Tanmateix, quan el context és només una informació que complementa a les dades per a resoldre la tasca, la transferència és més propera ja que no cal interpretar la informació contextual per obtenir dades rellevants per a elaborar la resposta, tot i que en alguns casos el context pot actuar com a distractor i no activar les idees científiques pertinents al problema en qüestió. Aquesta discussió confirma el que va ser analitzat per Nentwig et al. (2009) a partir de diverses preguntes de les proves PISA de 2006.

- La dimensió de les habilitats cognitivo-lingüístiques: fa de pont entre les dues dimensions i es refereix a les habilitats cognitives que són necessàries per a utilitzar el coneixement científic en el nou context emprant patrons lingüístics diferents. La proposta de gradació d'habilitats en ordre creixent de dificultat, en part basada en la revisió sobre demanda cognitiva del marc teòric de les proves PISA 2015 però també dependrà del coneixement sobre com expressar per escrit aquestes habilitats cognitives. Una proposta seria:
 - Recordar: Per exemple, enuncia la llei de la conservació de la massa a les reaccions químiques. Només requereix haver memoritzat una frase d'unes 20 paraules i reescriure-la i amb aquesta demanda no s'avalua si s'ha après significativament el contingut científic de la llei.

- Descriure: Per exemple, l'activitat sobre la formació de molècules d'hidrogen durant el Big Bang en que s'havia de descriure la formació d'un enllaç entre dos àtoms d'hidrogen per a formar una molècules a partir de la compartició dels electrons. Cal tenir un cert domini del llenguatge que s'empra per parlar de les idees científiques de les teories de la ciència, per exemple, per a distingir entre àtom i molècula.
- Explicar: Serien totes aquelles activitats en les que cal relacionar una causa amb un efecte i solen comença com: "Per què". Per exemple, la pregunta sobre explicar per què la gasolina és tan volàtil però sense fer referència a la debilitat de les unions entre les molècules, sinó només parlant del seu punt d'ebullició o que passa fàcilment de l'estat líquid al gasós.
- Justificar: Serien com el cas anterior però en aquest cas cal afegir raonaments basats en alguna o algunes teories de la ciència que donin més fonament a l'explicació. Per exemple, afegir a la resposta anterior el comportament de les partícules a l'estat líquid i el gasós i relacionar la debilitat de les unions intermoleculars amb l'energia i el temps necessaris per realitzar el canvi d'estat.
- Predir de manera justificada: Seria com el cas anterior, però sense donar el fet o observació que s'ha de justificar. Per exemple, la pregunta sobre predir que passaria si s'exposés un desodorant a temperatures superiors a 50°C, és més complicada plantejada així que si es fes com: "Explica per què un desodorant pot explotar si l'exposem a temperatures molt altes".

Aquesta interpretació de la transferència a partir de les tres dimensions analitzades pot ser un marc de referència útil per al disseny d'activitats d'avaluació de proves internes o externes, però també per a la seva avaluació a partir de l'establiment de nivells de gradació de la capacitat de transferir de l'alumnat.

6.3.2. Caracterització de les activitats de transferència

Tenint en compte la proposta anterior, distingim dos casos extrems de transferència amb el ben entès que hi ha moltes situacions intermèdies.

La transferència més propera és quan:

- només es requereix una idea científica per completar la tasca i aquesta no és complexa, per exemple perquè no està associada a concepcions alternatives descrites a la literatura o té un grau d'abstracció baix. En aquest cas només es pot distingir entre el raonament preestructural i l'uniestructural simple o relacional ja que només cal activar i aplicar una idea científica.

- la informació contextual és inexistent, innecessària o bé és necessària però fàcilment interpretable, per exemple identificar una dada quantitativa o qualitativa. A més, la situació plantejada té similituds notables amb els contextos d'aprenentatge emprats durant la unitat didàctica i és de la mateixa tipologia (personal, local, global o salut, medi ambient, etc) en què es va produir l'aprenentatge, ja que això afavoreix el pensament analògic que hem vist que pot promoure l'activació dels models teòrics.
- l'habilitat cognitiva requerida és de nivell baix, per exemple, recordar o descriure, i això simplifica l'activació i aplicació de la idea científica en el nou context.

La transferència més llunyana és quan:

- es requereixen moltes idees científiques per completar la tasca, que poden ser de diferents models teòrics o disciplines, fins i tot poden ser disciplines no científiques com en el cas dels contextos sociocientífics. A més, aquestes idees tenen una complexitat alta degut a l'existència de concepcions alternatives o pel seu elevat grau d'abstracció científic i matemàtic. En aquest cas serà necessari un raonament multiestructural i relacional en el que caldrà activar totes les idees científiques necessàries de manera interrelacionada.
- la informació contextual necessària per a resoldre la tasca requereix una interpretació conscient o fins i tot pot consistir en fer una inferència. A més, el context d'aplicació és molt diferent als contextos d'aprenentatge treballats al llarg de la unitat didàctica. Tots aquests aspectes dificulten l'ús del pensament analògic entre contextos i per tant no facilita la identificació de les idees clau que s'han d'activar.
- l'habilitat cognitiva és de nivell alt, per exemple, fer una predicció justificada. Això implica activar i aplicar les idees científiques per a crear un raonament coherent i plausible sense disposar de fets o observacions experimentals sobre el fenomen. També requereix haver treballat el patró lingüístic de les justificacions amb l'alumnat.

Aquest tipus de catalogació de les tasques d'avaluació pot ser una eina útil per a diferents col·lectius de l'educació científica: mestres i professors, altres investigadors en didàctica, dissenyadors de proves d'avaluació externes, dissenyadors de materials educatius innovadors o formadors de professors. En concret, el model es pot aplicar per a:

- elaborar rúbriques que quantifiquin el grau de qualitat de la resposta d'un alumne a una tasca d'avaluació d'alguna subcompetència científica i consensuar-les amb l'alumnat.

- dissenyar activitats d'avaluació per a proves internes o externes amb diferents graus de dificultat i de manera justificada.
- elaborar activitats de regulació metacognitiva (per exemple bases d'orientació) perquè l'alumnat identifiqui les seves dificultats i planifiqui estratègies per promoure el seu nivell de competència científica.

Capítol 7

Conclusions i implicacions educatives

Recordem en aquest capítol final el títol d'aquesta tesi:

"Contribucions de la contextualització de l'aprenentatge i la transferència del coneixement a l'educació química competencial"

La finalitat principal d'aquesta tesi, articulada en forma de tres objectius, era primerament caracteritzar les noves metodologies que utilitzen contextos per aprendre ciències per tal d'identificar les seves potencialitats i problemàtiques quant al desenvolupament de la competència química. En segon lloc, es va centrar l'atenció en un dels aspectes més controvertits de la contextualització: promou o dificulta la capacitat de transferir el coneixement científic? En aquest apartat final aportarem un granet de sorra més al corpus de coneixement de la didàctica de les ciències sobre la complexa relació entre contextualització i transferència.

Aquesta recerca de tesi va tenir una doble motivació personal. Per una banda, l'interès professional en dedicar-se a la investigació educativa com una eina de comprensió d'un fenomen complex: aprendre ciències. Però per altra banda, sorgeix de l'interès personal per promoure el gust per aprendre en aquells sectors de la població on manquen referents culturals. És a dir, hem procurat fer recerca amb la il·lusió i voluntat de millorar la realitat que ens envolta i contribuir a que els nois i noies del futur estiguin més preparats per afrontar els seus reptes personals però també els reptes de la societat del futur. Per aquests motius, és molt important identificar les implicacions que aquesta tesi pugui tenir per a la millora de l'educació.

Arribats a aquest punt, s'enunciaran de manera breu i concisa les conclusions dels dos primers objectius de recerca i es resumiran els arguments discutits en els capítols anteriors sobre la seva fonamentació en els resultats. A continuació es justificarà les implicacions dels resultats d'aquesta tesi en els diferents agents implicats en el sistema educatiu del país. Després s'indicaran les limitacions d'aquesta recerca des de diferents punts de vista (mostra, instruments de recollida de dades, interpretació de les dades, etc) i es proposaran algunes línies de treball futures sobre contextualització i transferència. Com apartat final, voldria fer una reflexió personal del que ha implicat per a mi, com a professor de secundària, dur a terme a aquesta recerca de tesi.

7.1 Conclusions del primer objectiu

El primer objectiu de la tesi va ser:

Anàlitzar potencialitats i problemàtiques del treball en context a partir de la percepció de l'alumnat sobre aquesta metodologia.

En relació amb aquest objectiu, l'anàlisi realitzada suggereix que:

1. L'ús de contextos rellevants, diversos i reals emprats ha contribuït a que l'alumnat investigat mostrés una actitud positiva envers l'assignatura, valorés el gaudi que suposa ser capaç d'explicar els fenòmens naturals i reconegués la rellevància de la ciència en el seu futur.

En aquesta conclusió s'han recollit les potencialitats identificades pel que fa l'ús de contextos per a l'aprenentatge de les química.

Les opinions de l'alumnat a les entrevistes van evidenciar un interès en l'assignatura que es va traduir en una actitud favorable envers aquesta. A més, aquest aprenentatge va promoure la vocació científica de l'alumnat ja que el 82% va decidir que volien cursar física i química el curs següent. Un altre aspecte interessant és que malgrat que a les entrevistes quedava clar que eren conscients de la dificultat de la disciplina (perquè no es va renunciar a l'aprenentatge de models teòrics abstractes) també van reconèixer el plaer que suposa ser capaç d'elaborar explicacions sobre fenòmens rellevants del món i compartir-los amb els companys o amb la família.

Qualsevol situació concreta no té el mateix potencial educatiu com a context. Les dades analitzades estan d'acord amb la bibliografia revisada i es pot concloure que les tres característiques essencials de les situacions que s'haurien de seleccionar per a ser fils conductors del procés d'aprenentatge són:

- Rellevància (personal, social i vocacional). A les entrevistes a l'alumnat van aparèixer opinions sobre connexió del que es va aprendre amb el dia a dia i la possibilitat d'aplicar els coneixements apresos en professions científiques del futur (Stuckey et al., 2013).
- Realisme (connexió amb el món real). Una de les categories d'anàlisi de les entrevistes a l'alumnat va ser la connexió amb el món real i aspecte que va ser un aspecte que van valorar positivament tots els alumnes entrevistats. En alguns casos es van tractar casos reals però en d'altres van ser situacions inventades de manera que fossin versemblants.
- Diversitat (contextos de diferents àmbits, àrees d'aplicació i per a noies i nois). Pel que fa a aquest aspecte destaquem el fet que els contextos que recordaven i destacaven els alumnes no eren el mateixos. Això suggereix que una opció recomanable és diversificar els contextos per tal de motivar i implicar a un ventall d'ampli d'alumnes, però no disposem d'evidències més clares sobre la conveniència de diversificar els contextos. Tot i això, La major part de la literatura sobre transferència revisada també argumenta sobre la conveniència de la diversitat de contextos com un factor que promou la capacitat de transferir (Bassok & Holyoak, 1989; Bloom, 2007; Gómez et al., 2012).

2. **Les principals problemàtiques sobre l'ús de contextos per a l'ensenyament i aprenentatge de les ciències que es van identificar amb l'alumnat van ser: 1) dificultat per a transferir el coneixement a nous contextos; 2) dificultat per a identificar i aprendre les idees clau dels models teòrics que apareixen en els contextos.**

En aquesta conclusió s'han recollit les problemàtiques identificades pel que fa a l'ús de contextos per a l'aprenentatge de la química.

Com a professor, la meua principal dificultat ha estat connectar de manera significativa les situacions d'aprenentatge que motivaven els alumnes (i en les quals ens hi podríem haver passat hores comentant aspectes concrets i superficials) amb els continguts i les competències científiques. Potser per aquest motiu, la categoria d'anàlisi de les entrevistes a l'alumnat sobre la necessitat d'aprendre d'idees abstractes no va ser comentada per tot alumnat i en alguns casos es parla de que hi ha idees més importants que altres però no es concreta si són les idees dels models teòrics. També destaquem la opinió de l'alumne A2 sobre el fet que el que es va estudiar sobre la taula periòdica no té connexió amb la vida quotidiana. Per tant, aconseguir que es compleixi el "need-to-know principle" per a totes les idees clau i que l'alumnat senti la necessitat d'aprendre idees abstractes no s'ha aconseguit totalment per a la mostra d'alumnes entrevistats.

Pel que fa al disseny de cada unitat, cadascuna tenia una certa temàtica amb una selecció de subcontextos i va resultar complicat que hi hagués una coherència general entre la temàtica i tots els contextos triats per introduir les idees clau. Un exemple d'això és la unitat didàctica presentada al capítol sobre "radiacions i estructura atòmica" en que es va fer servir un context sobre focs artificials per a introduir idees clau sobre l'estructura electrònica dels àtoms després d'haver tractat contextos sobre radioactivitat (energia nuclear, radioteràpia i datació arqueològica). Tanmateix, els alumnes entrevistats no van expressar cap opinió negativa envers sobre la tria de les temàtiques i els subcontextos.

Quant a l'alumnat, les opinions a les entrevistes ens van permetre identificar algunes dificultats d'aprenentatge de l'alumnat quan es fa servir una metodologia contextualitzada. La primera dificultat està relacionada amb l'avaluació contextualitzada, ja que no és coherent aprendre els conceptes de manera contextualitzada per després avaluar-los en abstracte. Tot l'alumnat entrevistat va reconèixer que aplicar el coneixement químic en situacions noves requereix un esforç cognitiu important, tal i com ja indicaven els referents teòrics (King & Ritchie, 2012). La segona dificultat està relacionada amb el fet que els contextos són situacions amb molta complexitat que generen moltes preguntes i interès però que sovint desvien l'atenció de l'alumnat cap a moltes direccions que no coincideixen amb l'objectiu d'aprenentatge plantejat. Aquest factor de dispersió pot justificar la dificultat de l'alumnat per a seleccionar les idees clau que van més

enllà de la informació contextual i també obstaculitza que s'estableixen jerarquies i relacions entre les diferents idees clau, sobretot a l'alumnat amb més dificultats d'aprenentatge. És el cas de l'alumne A2 que reconeix que es voldria quedar només en l'estudi de les situacions concretes i reconeix que al principi no tenia clar que era el més important per a l'avaluació. El fet d'emprar situacions concretes pot haver contribuït a que l'alumnat amb menys capacitat d'abstracció centrés el seu aprenentatge en les informacions contextuais de les situacions d'aprenentatge. Tal i com reconeixia l'alumne A1, els diferents contextos són els escenaris en els que prenen sentit les teories de la ciència, i aquestes són generals i aplicables a moltes altres situacions,.

3. Per tal de maximitzar el potencial educatiu dels contextos i minimitzar les problemàtiques identificades quan aquests s'utilitzen, s'han identificat algunes estratègies didàctiques que integrades amb el context com a fil conductor promouen un aprenentatge significatiu de la química:

- a. Fer servir preguntes-guia com objectius d'aprenentatge que connectin els contextos amb els models teòrics.
- b. L'ús de simulacions per ordinador que relacionen els tres nivells de la química (macroscòpic, submicroscòpic i simbòlic).
- c. Fer connexions de tot tipus: entre diferents contextos i un mateix model, entre diferents models en un mateix context; tant des de la química com des de la interacció amb altres ciències socials o naturals.
- d. Tenir en compte en la seqüenciació de les activitats quines progressions de les idees clau del model teòric poden tenir lloc.
- e. Realitzar amb l'alumnat activitats de síntesi, estructuració i jerarquització de les idees abstractes de cada model teòric que s'han anat aprenent en els diferents contextos.
- f. Realitzar experiments indagatius centrats en la modelització teòrica que combina activitats de fer, pensar i comunicar.
- g. Realitzar activitats d'aplicació dels models teòrics en noves situacions.
- h. Promoure la regulació metacognitiva de l'alumnat a través d'activitats sobre la presa de consciència de l'aprenentatge i la planificació de les accions i els raonaments.

En aquesta conclusió s'han recollit algunes estratègies didàctiques que s'han d'integrar per a potenciar els beneficis de l'ús dels contextos i minimitzar els problemes associats al seu ús a les aules de secundària. A continuació es justificarà a partir de les dades de la recerca l'efecte positiu en l'aprenentatge de la química que es pot relacionar amb cada estratègia d'ensenyament:

a) L'alumnat va valorar positivament l'ús de preguntes com a element motivador ja que li generaven ganes de saber la resposta, i aquesta estava relacionada amb idees abstractes de la ciència, per tant es guanyava motivació intrínseca i es legitimava la introducció de nous continguts al mateix temps que s'exploraven les idees prèvies (Roca, 2008).

b) Tal i com hem dit abans l'abstracció sol ser un aspecte complicat per a la majoria de l'alumnat. A les entrevistes, algunes alumnes van reconèixer que l'ús de les TAC (simulacions, vídeos, pissarra digital) els va ajudar a l'aprenentatge, en concret van citar les simulacions del model de partícules. Es van fer servir moltes simulacions per ajudar a l'alumnat a construir el model teòric de partícules i el de canvi químic a través d'unes animacions que relacionaven els tres nivells de la química: macro, submicro i simbòlic (Talanquer, 2011a).

c) En psicologia és ben sabut que el nombre de connexions entre diferents coneixements i llenguatge (quotidians i acadèmics) afavoreix l'aprenentatge. Per aquest motiu és convenient fer connexions de tots els tipus possibles. Per exemple, un mateix context es pot abordar des de la mirada de diferents models teòrics (de la mateixa disciplina o de diferents), un mateix model teòric es pot aplicar en contextos molt diversos i els contextos sobre controvèrsies sociocientífiques són una oportunitat per a combinar coneixements de les ciències naturals i les humanitats (Sadler & Zeidler, 2009). Aquesta últim enfocament té sentit en els treballs globalitzats per projectes i promou un pensament interdisciplinar en l'alumnat. Per tant, una de les limitacions d'aquesta tesi ha estat el seu enfocament disciplinar i seria interessant investigar l'aprenentatge de models teòrics de diferents disciplines científiques a partir dels mateixos contextos.

d) A l'hora de seqüenciar les activitats d'aprenentatge cal que el professorat tingui algunes hipòtesis de progressió de les diferents idees clau dels models teòrics que s'aniran construint al llarg del curs a partir de l'estudi de contextos. El punt de partida de la progressió seran les idees prèvies de l'alumnat que són fruit del seu sentit comú, les experiències acadèmiques anteriors i les vivències personals. El punt d'arribada seran les idees clau del model teòric en un estadi que tingui una demanda cognitiva raonable per a l'alumnat a qui va dirigida la seqüència didàctica. Les progressions d'aprenentatge són una línia de recerca actual en didàctica de les ciències (Duschl et al., 2011) però l'aspecte que falta per integrar en la seva estructura és l'ús dels contextos. En aquest sentit, la Figura 24 és una proposta per a integrar contextualització i progressió de les idees que s'haurà d'investigar més si és la manera idònia de plantejar-la.

e) Les opinions de l'alumnat a les entrevistes van indicar dificultats per a identificar, relacionar i aplicar les idees clau en situacions concretes. Per tal de promoure l'aprenentatge significatiu dels models teòrics (conjunts que interrelacionen diferents idees clau) caldrà realitzar amb l'alumnat activitats de síntesi (mapes conceptuals), jerarquització (reconèixer que les grans idees

inclouen d'altres) i estructuració (explicitar les relacions entre les idees). L'ús de contextos fa més necessari encara l'ús d'aquest tipus d'activitats, sobretot pensant en l'alumnat amb més dificultats d'aprenentatge.

f) Les opinions de l'alumnat van confirmar el que molts estudis havien discutit, els experiments són motivadors però qualsevol manera d'experimentar no es tradueix en aprenentatge. Per exemple, A8 va destacar que "siempre predecimos antes que va a pasar", i això ens indica que per tal que els experiments serveixin per aprendre cal fer hipòtesis abans de fer els experiments. En aquest sentit, la indagació centrada en la modelització (Windschitl et al., 2008), que té un enfocament força equivalent al de l'activitat científica escolar (Izquierdo et al., 1999), és una bona estratègia per a l'aprenentatge de les idees abstractes. Un dels reptes pendents és trobar contextos en els que els experiments paradigmàtics i acadèmics que es poden realitzar als laboratoris escolars siguin rellevants. Les activitats descrites al capítol de metodologia són alguns intents d'emmarcar experiments tradicionals (alguns no tant) en escenaris més significatius per a l'alumnat que puguin generar preguntes rellevants i que l'experiment aportï algunes respostes. El disseny de les activitats experimentals que més contribueix a l'aprenentatge és aquell que comporta fer (olorar, tocar, ...), pensar (plantejar hipòtesis, interpretar resultats) i comunicar (compartir les conclusions, expressar les idees). Sobre aquest últim aspecte, el llenguatge és l'instrument mediador de l'aprenentatge per excel·lència i el treball dels patrons lingüístics i temàtics (de ciències) es tradueix en una millora de la competència científica (Custodio et al., 2015).

g) Molt sovint el primer cop que l'alumnat aplica el coneixement en situacions concretes és als exàmens i després el professorat es sorprèn que bona part de l'alumnat no tingui èxit. Tal i com s'ha comentat a la conclusió 2, l'alumnat entrevistat va reconèixer que tenia moltes dificultats per a aplicar els models teòrics en situacions noves. Per aquest motiu es suggereix la realització d'activitats de recontextualització dels models teòrics, dit d'una altra manera, activitats d'aplicació dels models que s'han après (o potser descobrim que no) en situacions concretes diferents a les que es van emprar com a contextos d'aprenentatge. El fet que l'alumnat entrevistat va insistir en la dificultat d'aquest tipus de tasques evidencia la necessitat de practicar-ho més a l'aula, amb el guiatge del professor com a expert. Amb aquest tipus d'activitats es poden desenvolupar els processos mentals implicats en la transferència del coneixement que es van discutir en els resultats del segon objectiu de recerca.

h) Per acabar, aquesta recerca de tesi ens porta a pensar, tot i no disposar de dades concretes sobre això, que l'aspecte que més contribueix a millorar l'educació científica de l'alumnat de l'institut Europa és l'ús d'activitats de regulació metacognitiva (Simón et al., 2006). Connectant amb la conclusió anterior, quan l'alumnat recontextualitza els seus coneixements sorgeixen moltes dificultats i es

pot generar una certa frustració. Tanmateix, si es realitzen activitats d'auto i coavaluació l'alumnat disposa d'oportunitats per a identificar aquests dificultats i dissenyar estratègies per a superar-les. Altres activitats que contribueixen a la regulació són l'anticipació i planificació de l'acció amb bases d'orientació, l'elaboració de rúbriques per avaluar la qualitat d'una tasca i la compartició dels objectius d'aprenentatge i criteris d'avaluació amb l'alumnat. Les opinions de les entrevistes van indicar que l'alumnat valora molt positivament aquest espai per a reflexionar sobre els seus errors a través de la interacció amb altres companys (grups cooperatius) o amb el professor. Els alumnes entrevistats també van destacar com a motivador el fet que es compartissin els objectius d'aprenentatge en forma de preguntes-guia que connectaven el context i les idees clau.

En conclusió, l'ús de contextos sense complementar amb altres estratègies didàctiques basades en resultats de recerques en didàctica de les ciències és poc probable que comporti millores educatives.

4. Els següents aspectes de l'estil docent del professor han contribuït en l'obtenció de bons resultats afectius (motivació i interès) i cognitius (aprenentatge): l'acostament comunicatiu, l'equilibri control-filiació i el recolzament constant.

En aquesta conclusió s'han recollit alguns aspectes de l'estil docent del professor-investigador que poden haver contribuït als bons resultats afectius i cognitius identificats a les entrevistes i l'observació a l'aula.

Un acostament comunicatiu interactiu i dialògic (Scott et al., 2006) contribueix a crear un bon clima d'aula, ajuda a l'alumnat a explorar el seu coneixement previ i facilita que aquest evolucioni cap a les idees clau de la ciència. A més de valorar positivament l'ambient participatiu, les opinions de l'alumnat van destacar el llenguatge entenedor del professor ("no lo entiendo hasta que lo explicas tú con tus palabras"). Aquest opinió la interpretem tenint en compte que el discurs del professor barreja el llenguatge quotidià i el científic, fet que facilita que l'alumne interioritzi les idees abstractes i el vocabulari que es fa servir per a comunicar-les.

L'equilibri entre el control de l'aula (gestionar els torns de paraula, els impulsos per aixecar-se, etc) i la filiació amb l'alumnat (empatitzar amb l'alumnat, escoltar les seves inquietuds, etc) afavoreix tant els aspectes cognitius com afectius de l'educació científica (Telli et al., 2010). Les opinions de les entrevistes sobre l'estil docent van indicar que un aspecte molt valorat és la sensació de recolzament i la predisposició a ajudar del professor i que el control s'exercia des d'un ambient democràtic i no com una autoritat opressiva.

Les discussions de les dades amb la directora de tesi i altres investigadors ens van portar a pensar que hi ha quelcom d'art en la professió docent. Ens referim a la posada en escena de les estratègies d'ensenyament de manera que l'alumnat

s'impliqui, les trobi divertides i li semblin estimulants intel·lectualment. Molts professors no fan servir contextos i poden aconseguir molts bons resultats d'aprenentatge i de vocació científica amb els seus alumnes perquè aconsegueixen una motivació intrínseca per l'aprenentatge abstracte de la disciplina gràcies a la seva manera d'ensenyar. Tanmateix, amb alumnat de nivells socioculturals més baixos sense referents culturals a l'entorn i sense motivació extrínseca per l'aprenentatge, l'ús de contextos va ser molt útil per a promoure l'interès en aprendre química.

7.2 Conclusions del segon objectiu

El segon objectiu de la tesi va ser:

Descriure, analitzar i interpretar la capacitat de transferir coneixement químic a nous contextos per identificar els factors que la promouen o la dificulten.

En relació amb aquest objectiu, l'anàlisi realitzada suggereix que:

- 5. Els raonaments identificats quan l'alumnat va transferir en veu alta han estat sobre: el pensament analògic entre situació concretes d'aprenentatge i el nou context, l'activació d'idees abstractes dels seus models mentals i l'aplicació dels models a la tasca d'avaluació.**

En aquesta conclusió s'han identificat els raonaments emprats per l'alumnat quan va transferir oralment el coneixement químic a una situació nova i complexa.

Quan es va preguntar a l'alumnat en què havia pensat mentre realitzava l'activitat de transferència de l'ou, alguns van citar activitats concretes realitzades a l'aula: experiments, vídeos, contextos. En alguns casos, aquest pensament analògic va facilitar l'activació dels models teòrics adequats per a resoldre la tasca, però en d'altres casos no va tenir lloc cap activació d'idees abstractes. Aleshores, el pensament analògic amb situacions concretes pot ajudar a transferir però no sempre implica èxit en la transferència. Per tant, es confirma el que ja havien discutit altres estudis sobre que l'alumnat transfereix activant les idees abstractes a partir de recordar anàlegs (Burgoa, 2014) o problemes similars (Gomez et al., 2013), és a dir, internament pensen: "això es com allò de...".

Tot i que alguns alumnes no van verbalitzat a l'entrevista cap raonament analògic, no es pot descartar que ho hagin fet de manera interna o sense ser-ne conscients. Alguns alumnes van demostrar tenir algunes idees en forma de coneixement inert (no transferible), és a dir, eren capaços de recordar conceptes i vocabulari científic però no podien aplicar-lo al problema que s'estava intentant resoldre.

Les transferències més llunyanes no només requereixen l'activació dels models mentals dels alumnes, sinó que en aplicar-los a la nova tasca s'han de modificar

(Gilbert et al., 2011). L'alumne A5, amb una capacitat de transferir per sobre de la mitjana, va resumir aquest procés de la manera següent:

"pienso en algo que hayamos hecho parecido, y lo aplico un poco, y si no puede ser lo cambio, y asi voy haciendo pruebas mentalmente , hasta que consigo la respuesta o algo parecido a la respuesta".

6. L'abstracció és necessària per a transferir el coneixement químic, per tant, l'activació d'idees abstractes de models teòrics és l'etapa limitant que dificulta la transferència del coneixement.

En aquesta conclusió s'ha identificat la etapa que més ha limitat la capacitat de transferir a les dades analitzades: l'activació d'idees abstractes.

En aquesta tesi, hem trobat algunes evidències de l'argument proposat per alguns investigadors (Bloom, 2007; Van Oers, 2004) en les respostes de l'alumnat a activitats de transferència: per a transferir el coneixement des d'un context d'aprenentatge a un altre context, no n'hi ha prou amb haver après informacions concretes de les situacions sinó que cal una etapa d'abstracció en la que s'activen models teòrics. Les entrevistes mostren que els alumnes que realitzaren la transferència de manera òptima són aquells que són capaços d'activar la relació entre massa i volum de la densitat i al mateix temps apliquen el model canvi químic a una reacció química de putrefacció que emet gasos.

Per altra banda, les activitats de transferència competencials proposades a l'alumnat durant el curs 2012-2013 van permetre identificar que la principal dificultat rau en el fet que no s'activen les idees abstractes adients. Per tant, aquest raonament està limitant la capacitat de transferir. Algunes dificultats concretes que bloquegen aquesta activació i que s'han identificat a les respostes dels alumnes són: 1) Activació d'idees alternatives; 2) Activació parcial de les idees científiques necessàries; 3) Activació d'idees científiques no pertinents al problema d'estudi.

7. Des del punt de vista de l'ús de les idees del model, els raonaments dels alumnes quan transfereixen poden ser preestructurals, uniestructurals o multiestructurals.

En aquesta conclusió s'han identificat els tipus de raonaments sobre l'ús de les idees abstractes dels models teòrics en activitats de transferència.

Les dades analitzades mostren un cert nombre d'alumnes que fan raonaments preestructurals ja que no utilitzen cap idea científica que serveixi per a justificar els fets del nou context perquè no en cita o les que cita no són pertinents al fet o són concepcions alternatives.

El raonament més habitual entre l'alumnat és l'uniestructural, que es basa en l'ús parcial de les idees necessàries per a resoldre la tasca. Molts alumnes només utilitzen una idea científica a partir de la qual estableix la relació causa efecte amb el fenomen sense considerar relacions entre idees abstractes. Aquest tipus de raonament havia estat descrit prèviament a la literatura (Biggs & Collis, 1982; Sevian & Talanquer, 2014).

Finalment, una minoria d'alumnes ha realitzat raonaments multiestructurals en els que es posen en joc totes les idees científiques del model que justifiquen el fenomen. Aquest tipus de raonament és el que caldrà desenvolupar amb l'alumnat a través d'activitats de regulació metacognitiva com per exemple bases d'orientació, autoavaluació o avaluació entre iguals.

8. L'alumnat mostra dificultats per elaborar textos justificatius que relacionin amb coherència els fets concrets i les idees abstractes del model teòric en activitats d'avaluació contextualitzades que requereixen transferir coneixement químic.

En aquesta conclusió s'han identificat diverses dificultats al transferir relacionades amb l'estructura lingüística dels textos justificatius.

A través de l'anàlisi de les respostes escrites hem detectat moltes dificultats per a elaborar justificacions coherents. En alguns casos es tracta de respostes tautològiques, és a dir, transcriuen aproximadament el mateix que diu l'enunciat pel que fa a la informació contextual sobre els fets. Per tant, es tracta d'alumnes que no van pensar de manera abstracta per anar més enllà de la situació concreta plantejada. En altres casos, les respostes només inclouen idees abstractes però sense relacionar-ho amb els fets del context. Aquest tipus de respostes es poden interpretar com idees que s'han memoritzat i recordat però que no es saben aplicar (coneixement inert). Finalment, alguns alumnes citen fets i idees però no els relacionen de manera prou coherent i que quedi concretada la relació causa-efecte.

Aquests resultats ens indiquen que a més d'aprendre amb l'alumnat els models teòrics de la ciència (patró temàtic) també és important treballar els patrons lingüístics dels textos justificatius des de la classe de ciències (Custodio et al., 2015) per tal de desenvolupar la capacitat de transferir de l'alumnat. Transferir implica comunicar d'alguna manera la "substància" de la transferència, per tant, el llenguatge jugar un paper essencial en l'aprenentatge significatiu dels models teòrics que permeti transferir-los més enllà de la situació en que es van aprendre (Espinete et al., 2012).

9. Els aspectes del CDC del professorat que s'han identificat com a potencials promotors de la capacitat de transferir de l'alumnat són:

- a. **L'ús de contextos rellevants com a fil conductor del procés d'aprenentatge.**
- b. **Selecció de les idees abstractes dels models teòrics clau de la ciència amb elevada capacitat explicativa i predictiva.**
- c. **La realització d'experiments d'indagació centrada en la modelització.**
- d. **L'avaluació productiva, complexa i contextualitzada de la competència científica.**
- e. **L'ús d'estratègies de regulació metacognitiva.**

En aquesta conclusió s'han trobat evidències de que el CDC del professorat pot promoure la capacitat de transferir de l'alumnat. Tots els aspectes del CDC identificats estan basats en investigacions en diferents línies d'investigació de la didàctica de les ciències.

Les dades analitzades indiquen que el professor-investigador va basar la seva acció docent en els elements del CDC esmentats i la prova emprada per avaluar la capacitat de transferir va mostrar uns resultats superiors per al seu alumnat en comparació a alumnes del mateix entorn sociocultural. També cal destacar que es. Per tant, es pot concloure que aquests aspectes del CDC poden haver contribuït a la capacitat de transferir, tot i que s'ha de reconèixer que hi ha altres variables que no s'han pogut controlar, per exemple, altres components del CDC com l'estil docent. Tal i com expliquen els referents teòrics sobre CDC (Alvarado et al., 2015; Shulman, 1986), es tracta d'un constructe pedagògic potent però extremadament divers i difícil de caracteritzar.

L'anàlisi dels resultats no permet identificar si els cinc aspectes del CDC estan contribuint a promoure la capacitat de transferir de l'alumnat ni tampoc s'ha pogut identificar quin és el factor que més contribueix.

Atès que l'alumnat amb dificultats sol estar més desmotivats, era esperable que sigui el que té més marge de millora en el seu aprenentatge i per tant el que més pot aprofitar activitats contextualitzades (que són més motivadores), de regulació (que ajuden a superar les dificultats) i experiments d'indagació i modelització (que promouen l'aprenentatge d'idees abstractes).

Tal i com es discutirà més endavant en aquest capítol, aquesta recerca s'ha limitat a l'estudi d'un model teòric de la química, el model de partícules, i una competència científica, explicar fenòmens científicament. Per tant, els resultats no són generalitzables a d'altres disciplines, models teòrics o competències.

- 10. Un CDC basat en resultats de recerca en didàctica pot incrementar el número de vocacions científiques perquè contribueix a que l'alumnat percebi la rellevància personal, social i vocacional de la ciència i**

redueix la percepció dificultat de l'alumnat sobre l'aprenentatge de la química.

L'anàlisi dels nostres resultats està d'acord amb els referents de la literatura i mostra que aprendre a partir contextos diversos, reals i rellevants contribueix a que l'alumnat sigui conscient de la rellevància de la ciència en la seva vida, en la societat i en el món professional. L'indicador que s'ha emprat per a mesurar la percepció de rellevància i la vocació científica de l'alumnat ha estat la tria d'aquesta matèria quan esdevé optativa a 4t d'ESO. En concret, el grup de l'institut Europa és el que té un percentatge més elevat d'alumnat que triaria física i química a 4t i el motiu més triat ha estat la motivació intrínseca per la matèria.

Pel que fa als motius de la tria de la matèria de física i química es van identificar quatre tipus: motivació intrínseca, percepció d'autoeficàcia, motivació extrínseca i altres. La categoria altres recollia els alumnes que la triaven o la rebutjaven per anar acompanyada d'altres matèries o perquè era la opció menys desagradable. Tots aquest motius estan relacionats amb els 5 elements del CDC de la conclusió 9. Per exemple, les estratègies de regulació ajuden a que l'alumnat superi les dificultats al aprendre ciències i no les percebi com quelcom inabordable o incompreensible.

Tanmateix, cal reconèixer que l'estil docent del professor (conclusió número 4) pot haver contribuït enormement a la percepció de rellevància i l'increment de vocacions científiques, però aquesta era un variable que no vam controlar.

11. Les tres dimensions que caracteritzen la transferència (conceptual, contextual i cognitivo-lingüística) permeten distingir entre transferències més llunyanes o més properes.

En aquesta conclusió s'ha resumit el marc teòric sobre transferència que s'ha elaborat en aquesta recerca a partir dels models de la literatura (Dori & Sasson, 2013; Sasson & Dori, 2015). Aquest marc teòric ha permès concretar els aspectes que defineixen els dos tipus extrems de transferència:

- Una transferència propera és aquella que requereix poques (o una) idees científiques senzilles, del mateix model teòric, en un context fàcilment interpretable i similar a algun context d'aprenentatge. A més, l'habilitat cognitivo-lingüística requerida és de nivell baix, per exemple, descriure.
- Una transferència llunyana és aquella que requereix moltes idees complexes, de diferents models teòrics, en un context que requereix fer alguna inferència i que és força diferent als contextos d'aprenentatge. A més, l'habilitat cognitivo-lingüística és de nivell alt, per exemple, predir.

Aquest marc teòric es va aplicar a les diferents qüestions emprades en la prova competencial de l'estudi comparatiu i les qüestions seleccionades de les proves

escrites del curs 2012-2013. Al capítol 6 es van exemplificar els aspectes de les tres dimensions que caracteritzaven la demanda cognitiva necessària per a activitats d'avaluació de la transferència.

7.3 Implicacions per al món educatiu

Tal i com s'ha exposat al capítol 7, la recerca en educació ha de ser especialment conscient de la importància de fer arribar els seus resultats als membres de la comunitat educativa. Per aquest motiu, en aquest apartat comentarem com les conclusions d'aquesta recerca de tesi poden ser d'utilitat en diferents àmbits del sistema educatiu. Caldrà ser conscients de les limitacions de la recerca pel que fa a la generalització dels resultats a entorns educatius diferents dels de la nostra mostra. A continuació es citaran alguns dels àmbits del món de l'educació en els que els resultats d'aquesta recerca podrien tenir una certa incidència:

- Formació inicial, inductiva i permanent del professorat. El disseny d'unitats didàctiques contextualitzades hauria d'esdevenir un component del CDC prioritari en la formació inicial de mestres i professors en les corresponents assignatures de didàctica dels graus i els màsters. L'acompanyament i el guiatge per part d'experts en aquesta metodologia és fonamental per a regular el desenvolupament d'aquesta competència professional dels futurs docents. Per altra banda, els estudis en altres països (Luft et al., 2011) indiquen que la formació inicial no és suficient per a millorar el desenvolupament professional dels docents ja que durant els dos primers anys de professió es poden mantenir o trencar les competències professionals de la formació inicial en funció del centre educatiu on s'inicia l'exercici de la professió. Per tal d'abordar aquest problema, molts països han establert una període de formació en actiu per a l'accés a la professió docent que s'anomena etapa d'inducció i que seria similar al MIR (Médico Interno Residente) en l'exercici de la medicina. Durant aquest període seria important que els professors en formació tinguessin el recolzament d'un professor expert en didàctica, fet que inclouria un cert coneixement sobre la contextualització i l'avaluació competencial, entre d'altres. Finalment, en el sistema educatiu espanyol hi ha encara un percentatge molt elevat de professorat que tot i ser jove té molt poca formació didàctica i pedagògica, són els que hem accedit a la professió només amb el CAP (certificat d'aptitud pedagògica). Per tal d'adreçar-nos a aquest sector s'haurien de dissenyar activitats de formació permanent atractives i útils que tinguin en compte els resultats d'aquesta recerca sobre el disseny i implementació d'unitats contextualitzades i com avaluar la competència científica. Però també des dels centres educatius els equips directius haurien de decidir quines línies de formació calen en els seus centres per tal de promoure l'èxit educatiu de tot l'alumnat.

- Disseny de proves d'avaluació externes. Les proves externes (proves d'accés a la universitat, PAU, proves de competències bàsiques i les proves del PISA, entre d'altres) tenen una influència notable en l'acció docent dels professors. Molts professors de secundària prioritzen, ja des de primer d'ESO, aquells continguts que l'alumnat ha de consolidar per arribar preparat al batxillerat i tenir més probabilitats d'èxit a les PAU. Aquesta visió propedèutica de l'educació no és fàcil de revertir però potser se li podria treure profit si els equips d'elaboració d'aquestes proves externes fan servir els resultats de la recerca en didàctica. Caldria posar l'èmfasi en l'ús dels contextos en tasques d'avaluació de manera que el context s'hagi d'interpretar per a realitzar l'activitat. Per altra banda, en una prova també s'han d'elaborar activitats amb diferent grau de dificultat, segons el nostre marc teòric es tractaria de diferenciar entre transferències properes i llunyanes. Aleshores el marc teòric que s'ha elaborat sobre transferència (Figura 26) podria ser una eina útil en el disseny de tasques amb diferent grau de demanda cognitiva. Un exemple de la importància de les PAU en la manera de fer dels professors és el cas de la Biologia a Catalunya. Als anys 90 va entrar un nou equip de coordinació que va impulsar molts canvis, per exemple, l'avaluació del disseny experimental i l'ús de situacions actuals i rellevants com a contextos de les activitats. Aquest fet ha impulsat l'ús de nous llibres de text contextualitzats (Costa, 2010) i noves prioritats entre el professorat de ciències de secundària. Un altre exemple de la importància de les proves externes és el pla de formació permanent dissenyat per Sardà (2014), que va prendre la definició competència científica definida per PISA com a element motivador per al claustre i l'equip directiu del seu centre.
- Disseny i implementació d'unitats didàctiques contextualitzades. És ben sabut que encara una majoria del professorat necessita un material didàctic complet (llibre de text o l'equivalent) com a referència per a estructurar la seva programació d'aula amb seguretat. Un cop reconeguda aquesta limitació caldria posar a disposició dels docents materials didàctics de qualitat acompanyats de les guies didàctiques que permetrien la seva implementació a l'aula i la seva adaptació a les diferents realitats educatives. Tots els marcs teòrics semblen indicar que els contextos reals i rellevants haurien d'estar presents en aquests materials per tal de promoure la competència científica en l'àmbit quotidià i professional. Tanmateix, les recerques sobre la implementació de projectes en context (Millar, 2006) ens indiquen que aquest procés genera moltes incerteses en el professorat i és necessari molt suport durant la seva primera implementació. Aquest suport es pot repartir en suport telemàtic a través de comunitats d'aprenentatge formades per professors en actiu i experts en didàctica, però també sessions presencials en forma de tallers o visites als centres educatius. En resum, les experiències en altres països demostren que no n'hi hauria prou amb treure al mercat un llibre de text

contextualitzat que a més, poques editorials s'atrevirien a impulsar pel risc comercial que suposa.

- Disseny de nous currículums nacionals. A l'estat espanyol cada comunitat autònoma té un cert marge de llibertat pel que a l'elaboració del currículum escolar. El currículum actual de Catalunya concreta les competències i els continguts a desenvolupar però no proporciona eines per a seleccionar i utilitzar contextos com a fils conductors dels processos d'aprenentatge. Comparant amb altres països, que sí tenen un currículum clarament estructura a partir de contextos, a Espanya queda molta feina per fer. Tanmateix, si es vol que els documents curriculars siguin una autèntica eina de reflexió i orientació de la tasca docent s'haurien de complementar amb estratègies més pròpies del segle XXI com per exemple vídeos curts o infografies, com les presentades a la Figura 21 i la Figura 25. Tal i com passa amb les unitats didàctiques, un nou currículum contextualitzat i centrat en l'avaluació competencial (que implicaria aprendre a transferir) hauria d'anar acompanyat dels corresponents plans de formació en centres i per especialitats.
- Projectes de centre. Actualment alguns centres estan impulsant iniciatives innovadores en les que els contextos personals, socials i vocacionals juguen un paper rellevant. Un primer exemple és el trencament de la clàssica estructura en assignatures i l'organització horària a través de projectes globalitzats en els que s'aborda una temàtica des de diferents punts de vista disciplinars, és el cas de l'institut quatre cantons de Barcelona i alguns centres de la Companyia de Jesús. Un segon exemple és el programa MAGNET que inclou escoles que són apadrinades per centres de recerca o institucions culturals i permeten que l'alumnat es plantegi preguntes investigables i rellevants que podrà abordar "in situ" als laboratoris, museus o espais que posa a disposició la institució que apadrina, alguns exemples d'institucions que han apadrinat centres educatius a Catalunya són el TV3 i l'Institut de Ciències del Mar del CSIC (Consejo Superior de investigación científica). Un tercer exemple són les els projectes STEM (en anglès, Science, Technology, Engineering and Mathematics) que prioritzen aquelles situacions de l'àmbit industrial o professional en les que és necessari un ús integrat de les disciplines científicotècniques. Tot i que cal reconèixer que molts d'aquestes projectes estan centrats en promoure l'emprenedoria, la creació de llocs de treballs i la competitivitat econòmica perquè reben el suport d'associacions d'empresaris.

7.4 Limitacions i continuïtat de la recerca

En aquest apartat es reconeixen les limitacions d'aquesta recerca des diferents punts de vista:

- El fet de ser professor i investigador alhora. El fet de ser professor de secundària m'ha facilitat la recollida d'alguns tipus de dades i la interpretació d'alguns resultats però cal reconèixer que també és una limitació de la recerca. Per exemple, un observador extern pot adonar-se de coses que passen a l'aula que mentre s'està ensenyant passen desapercebudes. Tot i que s'ha procurat ser honest durant tot el procés d'anàlisi i interpretació, és inevitable que això hagi afectat a la sinceritat dels alumnes durant l'entrevista ja que pràcticament no han donat cap opinió negativa. A la discussió ja vam reconèixer que en qualsevol entrevista sempre hi ha un error associat al fet que l'entrevistat diu allò que creu que vol sentir l'entrevistador. Aquesta tendència es pot haver vist incrementada en el cas d'haver estat professor i tutor dels alumnes durant el curs 2012-2013. Quant a l'estudi comparatiu, tot i que es va demanar l'ajuda de dues expertes en formació del professorat per a caracteritzar el CDC del professor cal tenir en compte que els referents teòrics i culturals dels tres investigadors són similars perquè són del mateix país i del mateix grup de recerca i això pot haver condicionat la interpretació de les dades.
- La mostra de l'estudi comparatiu. Com ja vam dir es va tractar d'una mostra de conveniència i de fet, no va resultar fàcil trobar professorat que impartís la física i química de 3r d'ESO i estigués disposat a participar. A més, la mida de la mostra i la seva diversitat no va ser gaire àmplia pel que fa a la tipologia d'alumnat d'Espanya ja que tots els centres eren instituts públics i de l'àrea metropolitana de Barcelona. A més, hagués estat interessant poder disposar de professorat que fos expert en algun dels aspectes del CDC identificats com a promotors de la transferència, de manera que les variables en joc poguessin quedar una mica acotades ja que els resultats d'aquesta recerca no han pogut concloure quins components del CDC són els que més contribueixen a la capacitat de transferir i a la vocació científica de l'alumnat.
- Els instruments de recollida de dades. La diversitat d'instruments no ha estat molt gran perquè només s'han fet servir entrevistes i qüestionaris. Tot i que es va procurar ser rigorós en l'elaboració del qüestionari per a l'estudi comparatiu fent servir algunes qüestions de les proves PISA, les altres preguntes no es van validar en cap prova pilot prèvia a l'aplicació i no es va recollir informació de com l'alumnat dels grups control havia treballat el model de partícules. Això pot haver limitat la capacitat de transferir de l'alumnat del grups control tot i que pensem que les activitats

dissenyades haurien de poder-se realitzar amb èxit si s'ha après significativament el model teòric.

- La competència científica. El fet de centrar-nos en una subcompetència científica, explicar fenòmens científicament, és una limitació de la recerca perquè hi ha molts coneixements epistèmics i procedimentals de la ciència que són difícilment avaluable a través d'aquesta competència. També és una limitació el fet que s'ha avaluat la competència de cada individu per separat i és ben sabut que el treball cooperatiu promou un ensenyament competencial i que el significat de les idees i les paraules és un procés de construcció social. És a dir, en aquesta tesi no s'han investigat les interaccions entre l'alumnat com a promotores de l'aprenentatge.
- La selecció del coneixement disciplinar. El fet de centrar-nos en la química també és una limitació perquè la majoria de problemes del món real requereixen una mirada interdisciplinària. A més, a l'estudi comparatiu es va acotar encara més el coneixement que s'avaluava ja que es va centrar en el model teòric de partícules en un estadi de progressió adequat per a l'edat de 15 anys. De fet, els nostres resultats del primer cicle recerca-acció ja indiquen que la capacitat de transferir depèn de la complexitat de les idees abstractes que configuren el model teòric, per tant, si s'hagués avaluat el coneixement sobre el model canvi químic es podrien haver trobat resultats diferents.

Totes les limitacions exposades permetrien continuar amb la mateixa línia de recerca sobre la relació contextualització-transferència però en direccions diferent a la d'aquesta tesi per tal d'enriquir el marc teòric actual. A continuació es faran propostes d'ampliació d'aquesta recerca des de quatre punts de vista que es podrien fer servir per a futurs treballs de grau, màster o tesis doctorals:

- Des del punt de vista metodològic. La mostra podria ser més àmplia i estar dissenyada de manera que fos representativa pel que fa a la població d'Espanya, tal i com fan a les proves pisa amb tot un conjunt de criteris socioeconòmics. Complementar les entrevistes al professorat de l'estudi comparatiu amb la gravació de vídeos d'algunes classes hagués enriquit la caracterització del CDC del professorat, sobretot pel que fa a caracteritzar l'estil docent dels professors ja que hem detectat que és un dels components clau que afavoreix l'aprenentatge. També seria interessant avaluar la capacitat de transferir quan s'exerceixen les altres dues competències científiques: avaluar i dissenyar recerca científica i interpretar dades i proves des d'un punt de vista científic. De fet, es podria investigar si alguna de les tres subcompetències presenta més dificultats de transferència del coneixement i quines idees clau de cada tipus de coneixement es transfereixen en cada subcompetència. És ben sabut que la transferència és un procés complex que requereix temps per a desenvolupar-se, per aquest motiu seria interessant realitzar un estudi

longitudinal de més d'un curs i fer un seguiment de l'evolució en el temps de la capacitat de transferir amb diferents tests al llarg de tot l'estudi.

- Des del punt de vista disciplinar. Seria interessant continuar la recerca en la línia de l'ensenyament i aprenentatge interdisciplinari, per exemple fer situacions que permetin l'aprenentatge d'idees de química i biologia alhora i caracteritzar la construcció dels models teòrics disciplinars. També podria ser interessant investigar la transferència de coneixements no científics en combinació amb els científics en contextos sobre controvèrsies sociocientífiques ja que són els que evidencien que només amb la ciència no es poden resoldre tots els problemes del món. Per altra banda, també seria molt interessant definir progressions d'aprenentatge dels models teòrics principals de la química amb diferents estadis de comprensió de les idees abstractes i fer un seguiment de l'evolució d'aquestes idees quan es treballa a partir de contextos al llarg d'un o més cursos.
- Des del punt de vista intrapsicològic. Tot i que es va fer servir un entrevista per a fer pensar en veu alta a l'alumnat, encara queda molt per saber sobre quins processos cognitius tenen lloc en el cervell de l'alumne mentre transfereix coneixement i com aquests es poden veure afavorits o dificultats. Caldria pensar en altres instruments de recollida de dades que permetin obtenir informació més detallada sobre com tenen lloc aquests processos però és probable que aquest assumpte s'hagi d'abordar des de la psicologia. Potser un treball conjunt amb psicòlegs permetria caracteritzar millor els raonaments identificats en aquesta recerca sobre el pensament analògic i l'activació i aplicació de les idees abstractes en situacions concretes.
- Des del punt de vista interpsicològic. Una altra línia interessant seria avaluar la capacitat de transferir d'un grup d'alumnes i analitzar les interaccions entre iguals que afavoreixen exercitar i desenvolupar aquesta habilitat cognitiva. També seria interessant investigar la implementació de la proposta de criteris del tercer objectiu (Figura 21) per a la contextualització amb un grup de professors en formació inicial o permanent per identificar les problemàtiques amb que es troben els docents alhora de dissenyar i implementar materials que utilitzin contextos rellevants i reals.

7.5 Implicacions personals

Voldria acabar aquesta memòria fent algunes reflexions personals del que m'ha suposat, a títol personal, dedicar-me a la recerca en educació científica.

Els meus inicis en la recerca en educació van ser difícils perquè em vaig haver de familiaritzar amb un nou paradigma de recerca que em generava una certa desconfiança. Del 2004 al 2006 vaig iniciar un estudi de doctorat en química computacional que no vaig acabar i per tant la meua visió de la recerca era molt

teòrica i positivista. Però la gran complexitat dels processos educatius va fer palesa la importància d'integrar coneixements de les ciències socials (psicologia, pedagogia, sociologia, filosofia...) amb l'estructura del coneixement de la química com a disciplina, de fet la didàctica tracta d'això. A més, els mètodes qualitatius de recerca permeten interpretar la realitat amb molta significativitat i això està per sobre de la objectivitat i la generalitzabilitat dels resultats. En conclusió, investigar en educació em sembla molt més complicat que fer-ho en ciències però al mateix temps més apassionant i útil a curt termini perquè et permet actuar sobre la meua realitat del dia a dia com a professor.

El que més m'ha agradat de l'experiència tesi ha estat poder llegir, veure i escoltar recerques d'altres països que han identificat els mateixos problemes que nosaltres i després d'investigar-los arriben a conclusions similars. A més, aquesta recerca m'ha aportat moltíssimes estratègies que ni en 30 anys fent classe se m'haguessin ocorregut. Vull destacar l'ús del llenguatge com a instrument mediador de l'aprenentatge de les ciències, l'activitat científica escolar (fer, pensar, comunicar) i la regulació metacognitiva com a motor del processos educatius. En aquests anys he canviat molt la meua manera de fer les classes, i penso que aquests canvis s'han traduït en millores educatives per als meus alumnes, uns nois i noies que majoritàriament estaven desmotivats, amb l'autoestima molt baixa i sense visió de futur. En aquest sentit, aquesta recerca de tesi m'ha ajudat a motivar-los intrínsecament per la ciència, a fer progressar el seu aprenentatge i a animar-los a tenir reptes personals i professionals.

El que menys m'ha agradat d'aquest camí és adonar-me de la gran quantitat de recerques, recursos i idees sobre les quals hi ha evidències de la seva efectivitat però que no arriben a l'alumnat. Els congressos i les trobades d'innovació estan plenes d'experiències innovadores i enriquidores que s'haurien de difondre més entre els docents, però és clar això també requereix un temps i una predisposició entre el professorat que no és fàcil d'aconseguir i els dirigents polítics de torn tampoc ho faciliten. Entre companys de professió em dol veure com any rere any sento les mateixes queixes però alhora detecto les mateixes estratègies d'instrucció. Com haurien d'obtenir resultats diferents si fan el mateix? La part més dura de la meua feina és veure com, malgrat els meus esforços, alguns alumnes molt intel·ligents no acaben la secundària obligatòria per falta de motivació en una estructura acadèmica massa rígida i un professorat excessivament centrat en una visió transmissiva del coneixement disciplinar. Malauradament, aquest ha estat el cas de l'alumne A4. Això ens indica que encara queda molta feina per fer per a millorar l'educació del país.

En resum, l'aventura d'investigar com s'ensenya i apren la química ha estat apassionant i enriquidora i malgrat que l'etapa final de redacció de la tesi ha estat extenuant i ha reduït la meua vida social a la mínima expressió, si tornés enrere, ho tornaria a fer.

Referències bibliogràfiques

- Acevedo, J. A., Vázquez, Á., & Manassero-Mas, M. A. (2013). El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. Recuperat de <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>
- Acher, A., Arca, M., & Sanmarti, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials : A Case Study in Primary Education. *Science Education*. <http://doi.org/10.1002/sce>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). A 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611. <http://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7>
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*. Unicen. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2882642>
- Aikenhead, G. (1994). What is STS teaching? En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación química*.
- Aliberas, J. (2012). *Aproximació als fonaments epistemològics i psicològics per al disseny i aplicació d'una seqüència de ciències a l'ESO (Tesi doctoral)*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A., & Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 16(3), 603-618. <http://doi.org/10.1039/C4RP00125G>
- Ametlla, J. (2003). Las ciencias: la Cenicienta del bachillerato. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=321595>
- Avargil, S., Herscovitz, O., & Dori, Y. J. (2012). Teaching Thinking Skills in Context-Based Learning: Teachers' Challenges and Assessment Knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 21(2), 207-225. <http://doi.org/10.1007/s10956-011-9302-7>

- Barnett, S. S. M., & Ceci, S. J. S. (2002). When and where do we apply what we learn?: A taxonomy for far transfer. *Psychological bulletin*, 128, 612– 637.
- Bassok, M., & Holyoak, K. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology*, 15(1), 153-166.
- Bennett, J., & Holman, J. (2002). Context-based approaches to the teaching of chemistry: what are they and what are their effects? En *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (p. 165-184). Amsterdam: Kluwer Academics Publishers.
- Bennett, J., & Lubben, F. (2005). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science Review summary A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches.
- Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015. <http://doi.org/10.1080/09500690600702496>
- Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S., & Al, B. E. T. (2006). Bringing Science to Life : A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. <http://doi.org/10.1002/sce>
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793. <http://doi.org/10.1002/sce.20402>
- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The solo taxonomy*. New York: Academic Press.
- Blanco, Á., España, E., & Rodríguez, F. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3805842&info=resumen&idoma=SPA>
- Bloom, J. W. (2007). A theoretical model of learning for complexity: Depth, extent, abstraction, and transfer of learning. En *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience and school*. (N. A. Press, Ed.). Washington.
- Bransford, J., Sherwood, R., Vye, N., & Rieser, J. (1986). Teaching thinking and problem solving: Research foundations. *American Psychologist*, 41, 1078-1089.

- Broman, K., & Parchmann, I. (2014). Students' application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15(4), 516-529. <http://doi.org/10.1039/C4RP00051J>
- Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., de Jong, O., & Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063-1086. <http://doi.org/10.1080/09500690600702520>
- Burden, J. (2005). Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1299943>
- Burgoa, B. (2014). *La transferencia de contenidos matemáticos a contextos científicos: el concepto de función (Tesis doctoral)*. Universidad del País Vasco.
- Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 865-883. <http://doi.org/10.1002/tea.20333>
- Byrnes, J. P. (1996). *Cognitive development and learning in instructional contexts*. Boston: Allyn & Bacon.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de innovación educativa*, 9, 61-68.
- Caamaño, A. (1994). Estructura y evolución de los proyectos de ciencias experimentales. Un análisis de los proyectos extranjeros. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 8-20.
- Caamaño, A. (1995). La educación CTS: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=633991>
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 69, 21-34.
- Caamaño, A., Gómez, M. A., Gutiérrez, M. S., Llopis, R., & Martín, M. J. (2002). Proyecto Salters: Un enfoque CTS para la química del Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. Narcea. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3759356>

- Caamaño, A., Izquierdo, M., & Sarramona, J. (2014). *Competències bàsiques de l'àmbit científic-tecnològic*. Generalitat de Catalunya.
- Caamaño, A., Pueyo, L., Enrech, M., Pont, J., & Plana, O. (2005). La Física Salters: un proyecto para la enseñanza contextualizada de la física en el bachillerato. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1299952>
- Cabello, M., Colom, J. M., Juan, X., Lope, S., & Domènech Girbau, M. (2005). Biología Salters-Nuffield: biología en contexto para el bachillerato. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1299946>
- Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J., & Waddington, D. (1994). Science: The Salters' approach-a case study of the process of large scale curriculum development. *Science Education*, 78(5), 415-447. <http://doi.org/10.1002/sce.3730780503>
- Campbell, B., & Lubben, F. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situations. *International Journal of Science Education*, 22(3), 239-252.
- Catalunya, G. de. (2009). Document d'orientacions per al desplegament del currículum de ciències naturals a l'educació secundària obligatòria.
- Chamizo, J. A. (2005). Ciencia en contexto : una reflexión desde la filosofía, 9-17.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1).
- Chen, Z., & Klahr, D. (2008). Remote transfer of scientific-reasoning and problem-solving strategies in children. , 36, 420. *Advances in child development and behavior*, 36, 419-470.
- Cigdemoglu, C., & Geban, O. (2015). Improving students' chemical literacy levels on thermochemical and thermodynamics concepts through a context-based approach. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 16, 302-317. <http://doi.org/10.1039/C5RP00007F>
- Coscollola, M. D., & Marques-Graells, P. (2011). Aulas 2.0 y uso de las TIC en la práctica docente. *Comunicar*, 19(37), 169-175.
- Costa, M. i altres. (2010). *Biocontext 1*. Barcelona: Editorial Teide.
- Costillo, E., Borrachero, A. B., Mero, M. B., & Mellado, V. (2013). Las emociones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas de futuros

profesores de Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 514-532.

- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas i competencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4198151&info=resumen&idoma=SPA>
- Custodio, E., Marquez, C., & Sanmartí, N. (2015). Aprender a justificar científicamente a partir del estudio del origen de los seres vivos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(2), 133-155.
- De Corte, E. (2003). Transfer as the productive use of acquired knowledge, skills, and motivations. *Current Directions in Psychological Science*, 12(4), 142-146. <http://doi.org/10.1111/1467-8721.01250>
- De Freitas, K., & Alves, A. (2010). Reflexiones sobre el papel de la contextualización en la enseñanza de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 275-284.
- De Jong, O., & Talanquer, V. (2015). WHY IS IT RELEVANT TO LEARN THE BIG IDEAS IN CHEMISTRY AT SCHOOL? En I. Eilks & A. Hofstein (Ed.), *Relevant Chemistry Education: From Theory to Practice* (p. 11-31). Rotterdam: Sense Publishers.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., & Çalik, M. (2009). Investigating the effectiveness of storylines embedded within a context-based approach: the case for the Periodic Table. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(3), 241-249. <http://doi.org/10.1039/b914505m>
- Demircioğlu, H., Dinç, M., & Çalik, M. (2013). The effect of storylines embedded within context-based learning approach on grade 6 students' understanding of «Physical and Chemical Change» concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 12(5), 682-691.
- DisSessa, A. A., & Wagner, J. F. (2005). What coordination has to say about transfer. En J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multi-disciplinary perspective* (p. 121-154). Geenwich: Information Age Publishing.
- Domenech, A. M. (2014). *L'ús de les controvèrsies sociocientífiques per promoure la competència científica a l'educació secundària: el cas de la medicalització i el TDA-H (Tesi doctoral)*. Unversitat Autònoma de Barcelona.
- Domènech, A., Márquez, C., Marbà, A., & Roca, M. (2015). La medicalización de la sociedad, un contexto para promover el desarrollo y uso de conocimientos científicos sobre el cuerpo humano. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Institut de Ciències de l'Educació,

ICE. Recuperat de
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5057369&info=resumen&idoma=ENG>

- Dori, Y., & Hameiri, M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: Symbol, macro, micro, and process aspects. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 278-302.
<http://doi.org/10.1002/tea.10077>
- Dori, Y. J., & Sasson, I. (2013). A three-attribute transfer skills framework – part I: establishing the model and its relation to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 363.
<http://doi.org/10.1039/c3rp20093k>
- Dos Santos, W. L. P. (2009). Química e sociedade: um projeto brasileiro para o ensino de química por meio de temas CTS. *Edució química - EduQ*, 3, 20-28.
- Duranti, A., & Goodwin, C. (1992). *Rethinking context: Language as an interactive phenomenon*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182. <http://doi.org/10.1080/03057267.2011.604476>
- Eijkelhof, H., & Lijnse, P. (1988). The role of research and development to improve STS education: experiences from the PLON project. *International Journal of Science Education*, 10(4), 464-474.
<http://doi.org/10.1080/0950069880100413>
- Espinet, M., Izquierdo, M., Bonil, J., & Ramos, S. L. (2012). The role of language in modeling the natural world: Perspectives in science education. En *Second International Handbook of Science Education*.
- Fensham, P. J. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896. <http://doi.org/10.1002/tea.20334>
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
<http://doi.org/10.1080/09500690500038165>
- Furió, C., Guisasola, J., Vilches, A., & Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria: ¿alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(3), 365-376. Recuperat de
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=243413>

- Furió-Mas, C., & Dominguez-Sales, C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 241-258. Recuperat de http://www.cneq.unam.mx/programas/actuales/especial_maest/cecyte/00/02_material/mod4/archivos/ArtsComplementarios/QUIMprobiHistDificEstudSust.pdf
- Gagné, R. M., & Driscoll, M. P. (1975). *Essentials of learning for instruction*. Hinsdale: Dryden Press.
- Garriz, A., & Trinidad-Velasco, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación química*. Facultad de Química. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2755911>
- Gentner, D., Brem, S., Ferguson, R. W., Markman, A. B., Levidow, B. B., Wolff, P., & Forbus, K. D. (1997). Analogical Reasoning and Conceptual Change: A Case Study of Johannes Kepler. *Journal of the Learning Sciences*, 6(1), 3-40. http://doi.org/10.1207/s15327809jls0601_2
- George, J. M., & Lubben, F. (2002). Facilitating teachers' professional growth through their involvement in creating context-based materials in science. *International Journal of Educational Development*, 22(6), 659-672. [http://doi.org/10.1016/S0738-0593\(01\)00033-5](http://doi.org/10.1016/S0738-0593(01)00033-5)
- Gess-Newsome, J. (2015). Teacher Professional Knowledge Bases Including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. En P. Berry, A. Friedrichsen, & J. Loughran (Ed.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. Oxford: Routledge Press.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of «Context» in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. <http://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2011). Concept Development and Transfer in Context-Based Science Education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817-837. <http://doi.org/10.1080/09500693.2010.493185>
- Gómez, A. A., Sanmartí, N., & Pujol, R. M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Institut de Ciències de l'Educació, ICE. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2476581>

- Gómez, C., Sanjosé, V., & Solaz-Portolés, J. J. (2012). Una revisión de los procesos de transferencia para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 227(26), 199-227. <http://doi.org/10.7203/dces.26.1934>
- Gomez, C., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2013). Efectos de la similitud superficial y estructural sobre la transferencia a partir de análogos en problemas de alta y baja familiaridad: primeros resultados. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(1), 135-151.
- Greeno, J. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, 53(1), 5-26.
- Gutwill-Wise, J. P. (2001). The Impact of Active and Context-Based Learning in Introductory Chemistry Courses: An Early Evaluation of the Modular Approach. *Journal of Chemical Education*, 78(5), 684. <http://doi.org/10.1021/ed078p684>
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. En J. K. Gilbert (Ed.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (p. 189-212). Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.
- Haskell, R. E. (2001). *Transfer of learning: Cognition, instruction and reasoning*. Academic Press.
- Hazen, B. T., Wu, Y., Sankar, C. S., & Jones-Farmer, A. L. (2012). A Proposed Framework for Educational Innovation Dissemination. *Journal of Educational Technology Systems*, 40(3), 301-321. <http://doi.org/10.2190/ET.40.3.f>
- Hendrickson, G., & Schroeder, W. H. (1941). Transfer of training in learning to hit a submerged target. *Journal of Educational Psychology*, 32(3), 205-213.
- Hernández, M. I., Couso, D., & Pintó, R. (2013). Análisis de las estrategias de diseminación de resultados de proyectos de investigación e innovación en didáctica de las ciencias: el proyecto DESIRE. *Enseñanza de las Ciencias (número extra del IX congreso)*, 1737-1741.
- Hernández, M. I., Couso, D., & Pintó, R. (2014). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2), 356-377. <http://doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>

- Herreras, L., & Sanmartí, N. (2012). Aplicación de un proyecto curricular de física en contexto (16-18 años): Valoración de los profesionales implicados. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 89-102.
- Hinojosa, J., & Sanmarti, N. (2015). La autorregulación metacognitiva como medio para facilitar la transferencia en mecánica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 12(2), 249-263.
- Hofstein, A., & Kesner, M. (2006). Industrial Chemistry and School Chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1017-1039. <http://doi.org/10.1080/09500690600702504>
- Hutchinson, J. R., & Huberman, M. (1994). Knowledge dissemination and use in science and mathematics education: A literature review. *Journal of Science Education and Technology*, 3(1), 27-47. <http://doi.org/10.1007/BF01575814>
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: Contextualizar y modelizar. *Journal of the Argentine Chemical Society*, 92, 115-136.
- Izquierdo, M., Caamaño, A., & Quintanilla, M. (2007). *Investigar en la enseñanza de la química . Nuevos horizontes : contextualizar y modelizar.*
- Izquierdo, M., Espinet, M., & Sanmartí, N. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 45-49.
- Izquierdo, M., & Marquez, C. (2013). Projecte curricular «Competències de Pensament científic. Ciències 12-15.» *Ciències*, 26, 50-51.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2012). School Chemistry: An Historical and Philosophical Approach. *Science & Education*, 22(7), 1633-1653. <http://doi.org/10.1007/s11191-012-9457-5>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas.* Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M.-P., & Reigosa, C. (2006). Contextualizing practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. *Science Education*, 90(4), 707-733. <http://doi.org/10.1002/sce.20132>
- Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua.* Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and modelling in chemical education. En *Chemical education: Towards research-based practice* (p. 47-68). Springer Netherlands.

- Kempa, R. F., & Martín-Díaz, M. J. (1990). Motivational traits and preferences for different instructional modes in science. Part 1: Students' motivational traits. *International Journal of Science Education*, 12(1), 195-203.
- Kilpatrick, J. (1981). Research on mathematical learning and thinking in the United States. *Research en didactiques des mathématiques*, 2(3), 363-379.
- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education : using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51-87.
- King, D., Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2007). Making Connections: Learning and Teaching Chemistry in Context. *Research in Science Education*, 38(3), 365-384. <http://doi.org/10.1007/s11165-007-9070-9>
- King, D., & Ritchie, S. M. (2012). Learning Science Through Real-World Contexts. En B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Ed.), *Second International Handbook of Science Education* (p. 69-79). Dordrecht: Springer Netherlands. <http://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7>
- King, D. T., & Ritchie, S. M. (2013). Academic Success in Context-Based Chemistry: Demonstrating fluid transitions between concepts and context. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1159-1182. <http://doi.org/10.1080/09500693.2013.774508>
- Klausmeier, H. J. (1961). *Learning and human abilities: Educational psychology*. Harper & Row.
- Kortland, J. (2007). Context-based science curricula: Exploring the didactical frictions between context and science content. Malmö: Sweden.: Paper presented at the ESERA Conference 2007.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lavonen, J., & Laaksonen, S. (2009). Context of teaching and learning school science in Finland: Reflections on PISA 2006 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 922-944. <http://doi.org/10.1002/tea.20339>
- Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning. *Studies in Science Education*, 38(1), 115-142. <http://doi.org/10.1080/03057260208560189>
- Lin, X., & Lehman, J. D. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*,

36(7), 837-858. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7<837::AID-TEA6>3.0.CO;2-U](http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7<837::AID-TEA6>3.0.CO;2-U)

- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Newbury Park: Sage Publications.
- Litwin, E. (2008). *El oficio de enseñar* (Paidós). Buenos Aires.
- Lobato, J. (2003). How Design Experiments Can Inform a Rethinking of Transfer and Vice Versa How Transfer Has Been Addressed in Early, (February), 1999-2002.
- Lobato, J. (2006). Alternative Perspectives on the Transfer of Learning: History, Issues, and Challenges for Future Research. *Journal of the Learning Sciences*, 15(4), 431-449. http://doi.org/10.1207/s15327809jls1504_1
- Luft, J. a., Firestone, J. B., Wong, S. S., Ortega, I., Adams, K., & Bang, E. (2011). Beginning secondary science teacher induction: A two-year mixed methods study. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1199-1224. <http://doi.org/10.1002/tea.20444>
- Lupión, T., & Prieto, T. (2014). La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Institut de Ciències de l'Educació, ICE. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4639773&info=resumen&idoma=SPA>
- Lye, H., Fry, M., & Hart, C. (2001). What does it mean to teach physics in context: A first case study. *Australian Science Teachers Journal*, 48, 16-22.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Examining pedagogical content knowledge. En J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Ed.), *Nature, sources, and development of the PCK for science teaching* (p. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Marbà, A., & Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias?: un estudio transversal de Sexto de Primaria a Cuarto de ESO. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(1), 19-30. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3317279>
- Marbà, A., & Solsona, N. (2012). Identificación e interpretación de las posibles desigualdades formativas en ciencias de chicos y chicas en la educación obligatoria y el bachillerato. *Cultura y Educación: Revista de teoría, investigación y práctica*, 24(3), 289-304. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4013880>

- Martín, R., & Solsona, N. (2004). Los cambios químicos: de los modelos del alumnado a los modelos escolares. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=994347>
- Marton, F. (2006). Sameness and Difference in Transfer. *Journal of the Learning Sciences*, 15(4), 499-535. http://doi.org/10.1207/s15327809jls1504_3
- Membiola, P. (2002). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. Narcea.
- Merino, C., & Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educacion Quimica*, 22(3), 212-223.
- Merino, C., & Sanmarti, N. (2008). How young children model chemical change. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 196. <http://doi.org/10.1039/b812408f>
- Merritt, J. D., Krajcik, J., Arbor, A., & Shwartz, Y. (2007). Development of a Learning Progression for the Particle Model of Matter.
- Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521. <http://doi.org/10.1080/09500690600718344>
- Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Ralle, B., & Gräsel, C. (2007). Chemie im Kontext: Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, 84(9), 1439. <http://doi.org/10.1021/ed084p1439>
- Nentwig, P., Roennebeck, S., Schoeps, K., Rumann, S., & Carstensen, C. (2009). Performance and levels of contextualization in a selection of OECD countries in PISA 2006. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 897-908. <http://doi.org/10.1002/tea.20338>
- Ngai, C., Sevan, H., & Talanquer, V. (2014). What is this Substance? What Makes it Different? Mapping Progression in Students' Assumptions about Chemical Identity. *International Journal of Science Education*, 36(14), 2438-2461. <http://doi.org/10.1080/09500693.2014.927082>
- Nunziati, G. (1990). Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice. *Cahiers pédagogiques*, 280, 4764.
- OCDE. (2000). *Literacy skills for the World of Tomorrow. Further results from PISA 2000*.

- OCDE. (2006). *PISA 2006 Marco de la evaluación. Conocimiento y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*.
- OCDE. (2013). Pisa 2015: Draft Science Framework. Recuperat 14 juliol 2015, de [http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft PISA 2015 Science Framework .pdf](http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework.pdf)
- Oliveras, B., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2013). The Use of Newspaper Articles as a Tool to Develop Critical Thinking in Science Classes. *International Journal of Science Education*, 35(6), 885-905. <http://doi.org/10.1080/09500693.2011.586736>
- Oliveras, B., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2014). Students' Attitudes to Information in the Press: Critical Reading of a Newspaper Article With Scientific Content. *Research in Science Education*, 44(4), 603-626. <http://doi.org/10.1007/s11165-013-9397-3>
- Overman, M., Vermunt, J. D., Meijer, P. C., Bulte, A. M. W., & Brekelmans, M. (2012). Textbook Questions in Context-Based and Traditional Chemistry Curricula Analysed from a Content Perspective and a Learning Activities Perspective. *International Journal of Science Education*, 35(17), 2954-2978. <http://doi.org/10.1080/09500693.2012.680253>
- Overman, M., Vermunt, J. D., Meijer, P. C., Bulte, A. M. W., & Brekelmans, M. (2014). Students' Perceptions of Teaching in Context-based and Traditional Chemistry Classrooms: Comparing content, learning activities, and interpersonal perspectives. *International Journal of Science Education*, 0(0), 1-31. <http://doi.org/10.1080/09500693.2013.880004>
- Padilla, K., Ponce de León, A. M., Rembado, F. M., & Garritz, A. (2008). Undergraduate Professors' Pedagogical Content Knowledge: The case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404. <http://doi.org/10.1080/09500690802187033>
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. (2006). «Chemie im Kontext»: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1041-1062. <http://doi.org/10.1080/09500690600702512>
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1996). Learning transfer. *International encyclopedia of adult education and training*, 422-427.
- Pilot, A., & Bulte, A. M. W. (2006a). The Use of «Contexts» as a Challenge for the Chemistry Curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1087-1112. <http://doi.org/10.1080/09500690600730737>

- Pilot, A., & Bulte, A. M. W. (2006b). Why Do You «Need to Know»? Context-based education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 953-956. <http://doi.org/10.1080/09500690600702462>
- Pipitone, M. C. (2013). *Visión del profesorado sobre la implementación de una nueva asignatura: Ciencias para el mundo contemporáneo*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Prieto, T., Brero, B. V., & Blanco, A. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Institut de Ciències de l'Educació, ICE. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=243437>
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., Driel, J. H., & Pilot, A. (2008). Students' Involvement in Authentic Modelling Practices as Contexts in Chemistry Education. *Research in Science Education*, 39(5), 681-700. <http://doi.org/10.1007/s11165-008-9099-4>
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2011). Evaluation of a Design Principle for Fostering Students' Epistemological Views on Models and Modelling Using Authentic Practices as Contexts for Learning in Chemistry Education. *International Journal of Science Education*, 33(11), 1539-1569. <http://doi.org/10.1080/09500693.2010.519405>
- Ramsden, J. M. (1997). How does a context-based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+? *International Journal of Science Education*, 19(6), 697-710. <http://doi.org/10.1080/0950069970190606>
- Ratcliffe, M., & Millar, R. (2009). Teaching for understanding of science in context: Evidence from the pilot trials of the Twenty First Century Science courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 945-959. <http://doi.org/10.1002/tea.20340>
- Rebello, N., Cui, L., & Bennett, A. (2007). *Transfer of learning in problem solving in the context of mathematics and physics. Learning to solve complex scientific problems*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum. Recuperat de <http://web.phys.ksu.edu/papers/2006/TransferInProblemSolving-FullChapter-v32.pdf>
- Reiss, M. J. (2006). Desarrollo de un curso de biología contextualizado en el bachillerato: el caso del proyecto Salters-Nuffield Advanced Biology. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Institut de Ciències de l'Educació, ICE. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2148765>
- Reyes-C, F., & Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de «reacción química» en profesores universitarios mexicanos. *Revista*

Mexicana de Investigación Educativa, 11(31), 1175-1205. Recuperat de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14003105>

- Roca, M. (2008). *Les preguntes en l'aprenentatge de les ciències. Anàlisi de les preguntes dels alumnes en les activitats de la unitat didàctica «El cicle de l'aigua» (Tesi doctoral)*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921. <http://doi.org/10.1002/tea.20327>
- Salomon, G., & Globerson, T. (1987). Skill may not be enough: The role of mindfulness in learning and transfer. *International Journal of Educational Research*, 11(6), 623-637. [http://doi.org/10.1016/0883-0355\(87\)90006-1](http://doi.org/10.1016/0883-0355(87)90006-1)
- Sanmartí, N. (2010). *Avaluar per aprendre*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- Sanmartí, N., Burgos, B., & Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 67, 62-69.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M., & Watson, R. (1995). The substantialisation of properties in pupils' thinking and in the history of science. *Science & Education*, 4(4), 349-369. <http://doi.org/10.1007/BF00487757>
- Sanmartí, N., & Marchán-Carvajal, I. (2014). ¿Cómo elaborar una prueba de evaluación escrita? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4957577&info=resumen&idoma=SPA>
- Sardà, A. (2014). *Característiques d'una pràctica docent i la seva influència en el desenvolupament de la competència científica (Tesi doctoral)*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Sasson, I., & Dori, Y. J. (2012). Transfer Skills and Their Case-Based Assessment. En *Second International Handbook of Science Education*.
- Sasson, I., & Dori, Y. J. (2015). A three-attribute transfer skills framework – part II: applying and assessing the model in science education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 16(1), 154-167. <http://doi.org/10.1039/C4RP00120F>
- Schwartz, a. T. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American experience. *International Journal of Science Education*, 28(9), 977-998. <http://doi.org/10.1080/09500690600702488>

- Science, A. A. for the A. of. (1989). Science for all Americans. Recuperat 3 juliol 2015, de <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap15.htm>
- Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90(4), 605-631. <http://doi.org/10.1002/sce.20131>
- Seok, P. O., & Jin, S. O. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An Overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. Recuperat de <http://eric.ed.gov/?id=EJ925662>
- Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10. <http://doi.org/10.1039/c3rp00111c>
- Shulman, L. (1986). Those who understand. Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Simón, M., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2006). La evaluación como proceso de autorregulación: diez años después. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Graó. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1709464&info=resumen&idioma=SPA>
- Solbes, J., Alís, C., & Furió, C. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (48), 64-77.
- Solbes, J., & Vilches, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones ciencia/técnica/sociedad (C/T/S). *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Institut de Ciències de l'Educació, ICE. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94559&info=resumen&idioma=SPA>
- Solbes, J., & Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<377::AID-SCE1>3.0.CO;2-9](http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<377::AID-SCE1>3.0.CO;2-9)
- Solomon, J., & Aikenhead, G. (1994). *STS Education: International Perspectives on Reform. Ways of Knowing Science Series*. New York: Teachers College Press.
- Stolk, M. J., Bulte, A., De Jong, O., & Pilot, A. (2012). Evaluating a Professional Development Framework to Empower Chemistry Teachers to Design

Context-Based Education. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1487-1508. <http://doi.org/10.1080/09500693.2012.667580>

Stolk, M. J., Bulte, A. M. W., de Jong, O., & Pilot, A. (2009). Towards a framework for a professional development programme: empowering teachers for context-based chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 164. <http://doi.org/10.1039/b908255g>

Stuckey, M., & Eilks, I. (2014). Increasing student motivation and the perception of chemistry's relevance in the classroom by learning about tattooing from a chemical and societal view. *Chemistry Education Research and Practice*. <http://doi.org/10.1039/c3rp00146f>

Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34. <http://doi.org/10.1080/03057267.2013.802463>

Sutman, F. X., & Bruce, M. H. (1992). Chemistry in the community—ChemCom. A five-year evaluation. *Journal of Chemical Education*, 69(7), 564. <http://doi.org/10.1021/ed069p564>

Talanquer, V. (2009). On Cognitive Constraints and Learning Progressions: The case of «structure of matter». *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136. <http://doi.org/10.1080/09500690802578025>

Talanquer, V. (2011a). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry «triple». *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. <http://doi.org/10.1080/09500690903386435>

Talanquer, V. (2011b). School Chemistry: The Need for Transgression. *Science & Education*, 22(7), 1757-1773. <http://doi.org/10.1007/s11191-011-9392-x>

Talanquer, V. (2013). Chemistry Education: Ten Facets To Shape Us. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 832-838. <http://doi.org/10.1021/ed300881v>

Telli, S., Brok, P. den, & Cakiroglu, J. (2010). The importance of teacher–student interpersonal relationships for Turkish students' attitudes towards science. *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 261-276. Recuperat de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02635143.2010.501750>

Thorndike, E. L. (1932). *The fundamentals of learning*. New York: Teachers College Bureau of Publications.

Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. II. The estimation of magnitudes. *Psychological Review*, 8(4), 384-395.

- Tsai, C.-C. (2000). The effects of STS-oriented instruction on female tenth graders' cognitive structure outcomes and the role of student scientific epistemological beliefs. *International Journal of Science Education*, 22(10), 1099-1115. <http://doi.org/10.1080/095006900429466>
- Ültay, N. (2015). THE EFFECT OF CONCEPT CARTOONS EMBEDDED WITHIN CONTEXT-BASED CHEMISTRY: CHEMICAL BONDING. *Journal of Baltic Science Education*, 14(1), 96-108.
- Ültay, N., & Çalık, M. (2011). A Thematic Review of Studies into the Effectiveness of Context-Based Chemistry Curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686-701. <http://doi.org/10.1007/s10956-011-9357-5>
- Ulusoy, F., & Onen, A. (2014). A Research on the Generative Learning Model Supported by Context-Based Learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(6), 537-546. <http://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1215a>
- Van den Akker, J. (1998). The science curriculum: Between ideals and outcomes. *International handbook of science education*, 1, 421-447.
- Van Oers, B. (1998). From context to contextualizing. *Learning and Instruction*, 8(6), 473-488. [http://doi.org/10.1016/S0959-4752\(98\)00031-0](http://doi.org/10.1016/S0959-4752(98)00031-0)
- Van Oers, B. (2004). The Recontextualization of Inscriptions: an Activity-Theoretical Approach to the Transferability of Abstractions. En *Symposium conducted at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA*.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher mental process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Whitelegg, E., & Parry, M. (1999). Real-life contexts for learning physics : meanings , issues and practice. *Physics Education*.
- Williams, W. M., Papierno, P. B., Makel, M. C., & Ceci, S. J. (2004). Thinking Like A Scientist About Real-World Problems: The Cornell Institute for Research on Children Science Education Program. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(1), 107-126. <http://doi.org/10.1016/j.appdev.2003.11.002>
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. <http://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Yager, R. E. (1996). *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: State University of New York Press.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377. <http://doi.org/10.1002/sce.20048>

Ziman, J. (1994). The rationale of STS. Education is in the approach. En T. C. Press. (Ed.), *STS education: International perspectives on reform* (p. 21-31). New York.

Índex de Figures

Figura 1. Eix cronològic de la història de la didàctica de la química del segle XX.....	16
Figura 2. Representació gràfica del solapament entre metodologies que fan servir contextos. Font: pròpia.....	24
Figura 3. Fragment del mapa de progressió d'idees clau per a la gran idea "reacció química". Font: Departament d'educació de l'estat de Victoria, Austràlia.....	54
Figura 4. Les tres dimensions que caracteritzen les transferències properes i llunyanes. Font: Dori & Sasson (2013).	67
Figura 5. Marc conceptual per a l'avaluació de la competència científica a PISA. Font: Consell superior d'avaluació de la Generalitat de Catalunya.	80
Figura 6. Contextos per a l'avaluació de la competència científica a PISA 2015. Font: Consell superior d'avaluació de la Generalitat de Catalunya.	82
Figura 7. Alumne que investiga els colors que s'obtenen en cremar sals de diferents metalls de la taula periòdica.....	103
Figura 8. Foto d'uns alumnes que ensenyen orgullosos el model analògic d'un submarí que han construït.....	104
Figura 9. Alumnes que investiguen les propietats d'algunes sòlids i líquids. .	105
Figura 10. Alumnes fent servir un sensor de pressió i una xeringa per a estudiar la relació pressió-volum d'un gas.	106
Figura 11. Alumnes investigant què és el foc amb una espelma.....	106
Figura 12. Alumnes investigant l'energia que s'obté en cremar un cacahuet.	107
Figura 13. Exemple visual de la seqüenciació de la primera proposta per a l'EBC. Font: pròpia.	121
Figura 14. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 1.....	170
Figura 15. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 2.....	173
Figura 16. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 3.....	177
Figura 17. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 4.....	180

Figura 18. Resposta d'un alumne per a la pregunta 5.	183
Figura 19. Representació gràfica d'una resposta d'un alumne per a la pregunta 6.	188
Figura 20. Imatge emprada per PISA per a la pregunta 1 sobre com es crea i destrueix la capa d'ozó per avaluar la competència "explicar fenòmens científicament". Font: (OCDE, 2000).....	203
Figura 21. Esquema de la proposta de criteris per al disseny d'unitats didàctiques contextualitzades. Font: pròpia.	233
Figura 22. Exemple de mapa conceptual sobre el context "Fer gelat al laboratori" que barreja tot tipus d'idees contextuais, teòriques i supradisciplinars. Font: Gilbert et al. (2011)	237
Figura 23. Exemple de mapa conceptual amb les idees clau sobre el model teòric canvi químic a 3r d'ESO. Font: pròpia.....	238
Figura 24. Hipòtesi de progressió de les idees clau del model teòric sobre l'estructura atòmica a partir de l'estudi de diferents contextos. Font: pròpia. .	240
Figura 25. Esquema d'integració d'algunes idees clau de la didàctica de les ciències. Font: pròpia.	245
Figura 26. Esquema amb els factors que caracteritzen la transferència.	246

Índex de Taules

Taula 1. Categories CTS als cursos de ciència escolar. Font: Adaptació pròpia de Aikenhead (2005)	18
Taula 2. Característiques dels projectes de química en context.	29
Taula 3. Evolució de la definició de competència científica segons la OCDE. .75	
Taula 4. Descripció del nivell màxim i mínim de la competència científica. Font: OCDE (2013).....	86
Taula 5. Característiques de la selecció d'alumnes entrevistats.	99
Taula 6. Preguntes seleccionades per avaluar la capacitat de transferir de l'alumnat que va aprendre a partir de contextos al llarg el curs 2012-2013. ..	102
Taula 7. Enunciats de les qüestions de la prova escrita de l'estudi comparatiu.	108
Taula 8. Descripció de les sis tasques d'avaluació de la transferència de l'estudi comparatiu.....	109
Taula 9. Resum de les característiques del instituts participants.	115
Taula 10. Dades sobre el professorat participant en la recerca.	116
Taula 11. Primera proposta de criteris per a l'elaboració de materials d'EBC.	119
Taula 12. Descripció detallada de la unitat didàctica sobre radiacions i estructura atòmica.....	122
Taula 13. Unitats didàctiques contextualitzades per al curs 2012-2013.....	123
Taula 14. Sistema de categories per a l'anàlisi de les entrevistes a l'alumnat.	128
Taula 15. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 1.....	129
Taula 16. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 2.....	131
Taula 17. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 3.....	133
Taula 18. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 4.....	134
Taula 19. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 5.....	136
Taula 20. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 6.....	138

Taula 21. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 7.....	140
Taula 22. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 8.....	142
Taula 23. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 9.....	143
Taula 24. Exemples d'opinions de cada alumne per a la categoria 10.....	145
Taula 25. Exemples de frases de les entrevistes a l'alumnat sobre com afronten les activitats de transferència.....	155
Taula 26. Exemple cada tipus de resposta per a la pregunta de transferència número 2.	163
Taula 27. Percentatge de cada tipus de resposta per al global de respostes (N= 178 respostes).....	164
Taula 28. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 1 (N=31).	168
Taula 29. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 2 (N=31).	170
Taula 30. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 3 (N=30).	174
Taula 31. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 4 (N=26).	178
Taula 32. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 5 (N=30).	181
Taula 33. Percentatge de respostes de cada categoria per a la pregunta 6 (N=30).	185
Taula 34. Rúbrica amb les categories del nivell de qualitat de la transferència.	191
Taula 35. Capacitat de transferir de l'alumnat a la prova escrita a partir de l'aplicació de la rúbrica per a la qualitat de la transferència a cada pregunta.	193
Taula 36. Distribució de la quantitat de respostes de cada nivell de transferència de l'alumnat de cada institut.	194
Taula 37. Percentatge d'estudiants que vol fer física i química a 4t per a cada grup de l'estudi indicant els motius que han exposat.....	195
Taula 38. Categories del CDC dels referents teòrics. Font: Alvarado et al. (2015)	196
Taula 39. Categories del CDC identificades a partir dels referents teòrics, les dades recollides a través de les entrevistes i les proves escrites lliurades.	197

Taula 40. Justificació teòrica de com els aspectes didàctics del CDC seleccionats poden promoure la capacitat de transferir de l'alumnat.	197
Taula 41. Percentatge d'alumnes que assoleix la màxima puntuació de la pregunta 1 segons els criteris de qualificació de PISA 2000.	204
Taula 42. Resum del CDC dels professors dels grups control de la mostra. .	220

Annexos

En el DVD adjunt a aquesta tesi es poden trobar els següents documents:

Annex 1: Exemple de material per a l'alumnat: inclou una activitat sobre indagació centrada en la modelització sobre el model de partícules aplicat a l'estudi de les propietats dels gasos.

Annex 2: Exemple d'activitat de regulació metacognitiva: inclou una activitat de síntesi en que l'alumnat reflexiona sobre els objectius d'aprenentatge, els continguts treballats i valora el seu grau d'assoliment dels criteris d'avaluació.

Annex 3: Test emprat per a identificar l'estil motivacional de l'alumnat: inclou el text emprat per a identificar l'estil motivacional de l'alumnat del curs 2012-2013. Es tracta d'una versió adaptada de la proposta de Kempa & Martín-Díaz (1990).

Annex 4: Transcripció de les entrevistes a l'alumnat: inclou la transcripció de les entrevistes als vuit alumnes del curs 2012-2013.

Annex 5: Transcripció de les entrevistes al professorat: inclou la transcripció de les entrevistes als tres professors de l'estudi comparatiu del curs 2013-2014.

Annex 6: Prova escrita realitzada amb l'alumnat de l'estudi comparatiu: inclou la prova amb les sis activitats competencials emprades per a avaluar la capacitat de transferir durant el curs 2013-2014.

Annex 7: Bases de dades: inclou els excels amb les dades i un document explicatiu sobre com hi estan organitzades.

Annex 8: Publicacions: inclou els documents publicats (articles en revistes i actes de congressos) que s'han derivat d'aquesta recerca.

Annex 9: Proves escrites de l'alumnat: inclou totes les proves escrites escanejades amb les respostes de l'alumnat participant en l'estudi comparatiu al maig del 2014.
