



Universitat Autònoma de Barcelona

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

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

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

# MODELITZACIÓ I MODELS EN LA FORMACIÓ INICIAL DE MESTRES DE PRIMÀRIA DES DE LA PERSPECTIVA DE LA PRÀCTICA CIENTÍFICA

Tesi doctoral

**Anna Garrido Espeja**

Directora:

**Digna Couso Lagarón**



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

Bellaterra, Setembre 2016

**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona

Anna Garrido Espeja (2016)

Tesi Doctoral. Programa de Doctorat en Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències, (Universitat Autònoma de Barcelona), Bellaterra, Barcelona.

**Paraules Clau:** Didàctica de les ciències, pràctica científica, modelització, models, formació inicial de mestres.

**Key words:** Science education, scientific practice, modeling, models, teachers' initial training.

Portada: Pau Sunyer, Mequè Edo i Anna Garrido.

Aquesta tesi ha estat elaborada al Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona.

*Al Pau,  
el company de la meva vida,  
i far que m'il·lumina en els moments més foscos.*

*A mi familia,  
por quererme tanto,  
y estar siempre ahí.*

*A totes les persones que m'han acompanyat en aquest camí,  
perquè continuem fent camí juntes.*





## Presentació

Aquest document recull el treball de tesi doctoral de Anna Garrido Espeja, matriculada al programa de doctorat de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències (RD 1393/2007) a la Universitat Autònoma de Barcelona i investigadora adscrita al grup de recerca TIREC (Tecnologia Informàtica i Recerca sobre l'Educació Científica).

La tesi que es presenta va ser inscrita a l'Escola de Doctorat de la Universitat Autònoma de Barcelona el 10 de gener de 2013 i la seva realització ha comptat durant l'últim any (curs 2015-16) amb el suport econòmic del programa d'ajuts al personal investigador predoctoral amb la beca PIF (Personal Investigador en Formació) atorgada pel Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències de la UAB a 30 d'octubre del 2015.

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 la Ciencias Experimentales) i internacionals (ESERA, NARST (National Association for Research in Science Teaching), CIDUI (Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació), Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, International Congress of Educational Sciences and Development), així com a dues escoles de doctorat (ESERA SummerSchool 2014 i II Escuela de Doctorado). Finalment, s'han elaborat les següents publicacions derivades dels resultats de recerca que es presenten en aquest document:

- Couso, D., & Garrido, A. (*in press*). Models and Modeling in elementary school pre-service teacher education: the influence of teaching scenarios. In *11th ESERA Conference Selected Contributions*. The Netherlands: Springer.
- Garrido, A., & Couso, D. (2015). Pre-service teachers' perceptions about modelling: first steps towards a reflective participation in scientific practices. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 13: Pre-service science teacher education* (pp. 2216–2227). Helsinki, Finland: University of Helsi



## Agraïments

Aquests agraïments són especialment llargs. No he pogut sintetitzar la gratitud que sento per tanta gent meravellosa que ha format part d'aquest camí.

Aquest ha estat un procés, sobretot, d'aprenentatge. Un procés en el qual he anat comprenent certes idees amb una mirada nova sempre. Semblant a allò que acostuma a passar amb el llibre de "El petit príncep", on cada nova lectura es converteix en un nou llibre amb nous significats. D'igual manera, cada reflexió, lectura, congrés i discussió al llarg d'aquesta tesi ha pres nous significats. Ha estat un constant tornar als inicis, a no saber res, una vegada i una altra, per anar construint sempre nous significats, en base a tot allò que ja porto a la motxilla. Un camí que mai ha deixat de ser controvertit, estimulants, apassionant... sinó que cada vegada ho és més. Un camí increïblement intens, on he conegut gent meravellosa que m'ha ensenyat moltíssim i amb qui he establert lligams preciosos. En finalitzar aquesta tesi tanco una etapa de la meua vida, però obro la ment a un món interessantíssim, una disciplina que ha captivat el meu cor per sempre: la didàctica de les ciències. Una disciplina que en moltes ocasions és oblidada, desconeguda o infravalorada en aquesta societat, però que reivindico com a necessària per a construir una societat millor. No només per formar futurs científics, com alguns volen pretendre, sinó sobretot per formar futures persones capaces de pensar per si mateixes, amb criteri propi i valors humans, i amb prou confiança en les seves capacitats com per enfrontar-se i viure en un món cada vegada més controvertit, complex i trepidant. Aquest amor per la disciplina i la convicció de la seva necessitat al nostre món són els llegats més importants que em deixa aquesta tesi.

D'igual manera que el procés de modelització i assoliment de models, el meu procés d'aprenentatge no ha estat lineal, ordenat ni sistemàtic. Més aviat ha estat una aventura caòtica i imprevisible, plena de racons foscos, de cims lluminosos i de travesses llargues, monòtones i solitàries. Un camí de dubtes, de certes, d'alegries i de penes constants. Un procés molt llarg i dur, sobretot emocionalment. Totes les emocions, de manera molt profunda, han estat presents en aquest procés. Bé que ho saben les persones que han patit i compartit aquesta tesi al meu costat. Com sempre es diu, i no és per menys, aquesta tesi **TAMBÉ ÉS VOSTRA**. I aquí comencen els agraïments, si és que les paraules poden ni tan sols fer un lleuger ressò de la gratitud que resideix ara en el meu cor.

En primer lloc, gràcies a la meua directora de tesi, la **Dra. Digna Couso Lagarón**. De Digna només n'hi ha una, no només pel seu nom, sinó per la seva personalitat i genialitat. Perdona que et tutegi, però la ocasió no és per menys. Has estat la meua directora de tesi, però has estat molt més. Vas ser la meua professora i primera inspiració des que vaig trepitjar aquest departament al 2008 en el màster de professorat. Vas ser la responsable de que tornés a la universitat anys més tard per endinsar-me definitivament en el món de la didàctica, amb unes paraules que encara ressonen en el meu cap: *"Ens has 'pillat', i tens 'nas'. A tu t'agradaria fer el màster de recerca. Quan hakis fet aquests viatges que has de fer, ens vens a veure"*. Crec que els teus comentaris tenen molt de poder en la ment de la gent. Jo vaig trigar un parell d'anys a tornar, amb l'excusa de veure la presentació de màster del meu company David. Allà hi éreu la Conxita i tu, dient-me que em matriculés per l'any vinent. Des de llavors has estat la meua mentora, "jefa" i mestra, i la nostra relació ha anat evolucionant fins a un punt molt bonic. Tot i fer-me patir en alguns moments amb això de *"in extremis"*, no puc estar més agraïda per tot allò que m'has donat. Gràcies per ensenyar-me tant, per la teua ajuda constant, per la teua increïble clarividència, per veure la pipeta d'or allà on jo només hi veia carbó. Per ser un exemple de perseverança extrema, de motivació enorme, de dedicació genuïna i d'amor profund a la nostra disciplina i a la feina ben feta i de qualitat. Gràcies per donar-me tantes oportunitats en projectes, congressos i escoles d'estiu internacionals i nacionals, on he après tant i he conegut gent meravellosa. Per tantes trobades i seminaris, pels *watsapps* i correus a qualsevol hora del dia i de la nit,

per tantes reunions fora d'horari, al Viena, a casa teva i de vacances, amb nens o sense. Gràcies per alguns sacrificis que ningú més hagués fet. Gràcies especials al **Javi** per la infinita paciència i comprensió, sempre amb un somriure a la boca. Això no té preu. Gràcies Digna, des del fons del cor, per creure en mi, per escollir-me com alumna teva i per treure el millor de mi. Sense tu res no hagués estat possible. Com bé saps, aquesta tesi és tant teva com meva.

En segon lloc, aquesta tesi tampoc hagués estat possible sense la participació desinteressada dels i les **alumnes de 3<sup>er</sup> del grau de primària** que van realitzar l'assignatura de "Didàctica de les ciències experimentals" a la UAB durant els cursos 2013-14, 2014-15 i 2015-16. En especial als grups d'alumnes que es van deixar gravar en cadascun dels cursos. Més concretament, vull agrair enormement a les 9 alumnes que vaig seguir durant el curs 2015-16 i que són les veritables protagonistes d'aquesta tesi. Per mantenir la seva privacitat, no incloc els seus noms.

Gràcies a totes les persones del **CRECIM**, que des del primer dia han estat companyes fantàstiques d'aquest camí i m'han ensenyat moltíssim. Gràcies a la Dra. **Roser Pintó** per acceptar-me en el seu equip i donar-me la oportunitat d'aprendre de tants àmbits diferents. Gràcies a la **Carme Grimalt**, per ser la millor companya de màster i de doctorat, per estar disponible sempre sense demanar res a canvi i per compartir moments tan especials, tant acadèmics com personals. Ho petes, Carme! Gràcies **Víctor López**, per donar-ho tot i ser tan motivat. La teva motivació s'encomana i la teva ajuda desinteressada ha estat clau en alguns moments d'aquest llarg camí; des de les teves crítiques constructives del treball de màster una nit a Santiago de Compostela fa més de 4 anys, a les teves preguntes brillants sobre els nostres resultats de tesi un dia qualsevol al bar de la facultat. Gràcies **Marisa Hernández** per ser un exemple a seguir, per la teva capacitat de treball tan gran i la teva recerca sobre models que ha inspirat moltes parts d'aquest treball, per la teva tranquil·litat contagiosa i la teva tendresa constant amb tothom. Gràcies **Cristina Simarro**, per ser també un referent des que vaig arribar al CRECIM. El teu llistó inassolible em va motivar sempre a superar-me i les discussions amb tu m'han ensenyat molt. Gràcies per tenir confiança en mi... m'han motivat quan més ho necessitava. Gràcies **Alba Massagué**, per ser molt més que una companya de feina, per ser una amiga i donar-me suport moral quan ho he necessitat. Pels teus consells savis, per les cançons que animen l'ànima, per la teva confiança en el meu potencial quan ningú coneixia les meves inseguretats, per la teva alegria contagiosa i inspiradora. Per recordar-me allò que és important; i allò que no. Per tants moments compartits, amb la Carme i la Raquel, al bus de donar sang, als concerts de la Mercè i a tants altres llocs, que han estat un cop d'aire fresc entre tant d'estrès. Gràcies **Maria Dalmases**, per ser una canya, tan motivada i tan plena d'energia. Per escoltar-me en tants moments de rotllo, per interessar-te en la meva feina i per preguntar-me tantes vegades com ho porto. Gràcies guapa! Gràcies **Otto Lucic** per acollir-me tan bé al REVIR i fer-ho tot tan fàcil sempre, i pels cafès de les 11. Gràcies **David Ferrer** per confiar en mi i en el meu criteri a l'hora de prendre decisions. Gràcies **Raquel Ríos** per ser "l'alegria de la huerta" sempre i regalar-la als demés, i pels teus singlots únics que tant trobo a faltar. Gràcies **Anna Artigas** per ensenyar-me que treball ben fet i vida pròpia no estan renyits. Gràcies **Lluïsa Herreras** i **Josep Olivella** per ser exemples de grans professors que estimen la seva professió.

Gràcies a la gent del departament de Didàctica de la matemàtica i de les ciències experimentals de la UAB, i en especial a la directora del departament **Mequè Edo**, per donar-me la oportunitat durant l'últim any de tenir una beca PIF i poder així dedicar-me a temps complert a la tesi doctoral. Sense això penso que no hagués pogut acabar. Gràcies pels ànims constants i per ajudar-me tant amb la portada!. Gràcies també a tota la gent del departament, que m'ha acollit fantàsticament bé i fins i tot m'ha convertit en la seva professora de ioga. Gràcies a les meves estimades **alumnes de ioga del departament**. Vull donar les gràcies de manera molt especial a la **Conxita Márquez**, per a qui no tinc paraules per expressar tot el meu agraïment. Sense tu, Conxita, aquesta tesi no existiria. Gràcies per permetre'm seguir-te a TOTES I

CADASCUNA de les teves classes, per permetre'm gravar-te cada dia durant tres cursos consecutius, i per deixar-me canviar tantes sessions de l'assignatura... dues vegades! Gràcies per la teva total confiança en nosaltres i en la nostra recerca. De tu he après a confiar en les companyes, a ser una excel·lent professora, a ser humil sense excepció, a escoltar als altres i aprendre de tothom (també dels alumnes), i sobretot, a prendre'm la vida menys seriosament. Perquè res és tan greu i tot es pot arreglar. Mentrestant, el bon humor i la ironia no poden faltar. Gràcies de tot cor, Conxita. Gràcies també a la resta de l'equip docent, on s'inclou la Digna, la Marisa, l'**Anna Marbà** i el **Toni Alcázar**. Vull donar les gràcies també a la **Mercè Izquierdo**, la meva àvia acadèmica de qui he heretat quasi tot el que sé. Mercè, tu ja fa molts anys que deies això que ara diuen els de modelització. Tenir-te a prop i poder compartir amb tu converses tan profundes i seminaris tan enriquidors ha estat un honor i un regal sempre. Gràcies per no tenir mai un no com a resposta, per les teves crítiques tan constructives i tan il·luminadores, per parlar sempre amb tanta i tanta humilitat, per escoltar-me atentament encara que fos una estudiant ignorant, per voler sumar sempre, per ressaltar el valor de la meva feina, per demostrar un constant amor i passió per l'ensenyament de les ciències. Mercè, ets un exemple a seguir i sempre estaré agraïda per tot el que m'has ensenyat, com a experta en didàctica i com a persona excepcional. Gràcies **Edelmira Badillo**; tot i no ser de didàctica de les ciències treballar amb tu en el projecte TRACES va ser genial i clau per guanyar la confiança que no tenia. Gràcies per tractar-me des del primer dia amb tanta tendresa i de tu a tu, per la teva personalitat apassionada, divertidíssima i lluminosa, per fer-me descobrir les múltiples accepcions de la paraula "siniestro" i per demostrar-me que quan algú vol una cosa la pot aconseguir costi el que costi. Gracias **Edith Herrera**, por compartir esos sentimientos que nadie puede entender si no está haciendo una tesis, por los ánimos, por tu gratitud con el yoga y por tus regalitos llenos de amor. Gràcies **Mireia Artès**, per escanejar tants documents i portar un recull tan clar i sistemàtic de totes les produccions. La teva ajuda en aquell moment tan estressant de la tesi va ser vital per mi. Vull donar les gràcies especialment a l'**Èlia Tena**, una de les millors alumnes del grau de primària que he conegut. Gràcies per ajudar-me a portar un registre de totes les dades, per ajudar-me amb el buidat dels qüestionaris, amb el format, etc. Per tenir tanta iniciativa, per no comptar mai les hores dedicades i fer-ho sempre amb alegria. Per la teva passió per aprendre, per les teves preguntes interessants, pels ànims quan em veies destrossada al despatx i per oferir-me sempre la teva ajuda. Tenir-te a prop durant aquest camí, i especialment al final, ha estat un luxe i una sort immensa. Moltíssimes gràcies per tot!

Gràcies a altres investigadores d'altres universitats que s'han interessat per la meva tesi i m'han ajudat en diferents moments. Especialmente a **Ruth Jiménez-Liso**, por ser mi segunda mamá académica, por demostrarme una confianza total i constante en mí, por escuchar mis dudas y mis angustias de la tesis a lo largo de los años: en la escuela de verano, en congresos, en tus visitas a nuestra universidad y en mi visita a la Universidad de Almería. Gracias por la invitación, por permitirme dar las sesiones de máster y por ayudarme de manera tan desinteresada. Por ser un ejemplo de dedicación sincera a formar maestros, a hacer investigación de calidad y a reforzar la comunidad de didáctica de las ciencias en nuestro país. Tu ejemplo me ha motivado siempre. Gracias también especiales a **Rufina Gutierrez**, por ser un referente en modelos y por enseñarnos tanto. Gracias por leer, valorar y comentar nuestros trabajos tan constructivamente. Por aceptar nuestra invitación al seminario de modelización. Muchas gracias, Rufina, por el tiempo dedicado y por tus sabios consejos no sólo sobre modelos, sino sobre como matar una tesis con honor y no morir en el intento.

Thank you to all the researchers that have been partners in different projects and have taught me so much. Special thanks to our partners from the PreSEES project: **Maria Evagorou, Robert Evans, Jan Alexis Nielsen, Ebru Mugaloglu, Devrim Guven, Virginie Albe, Georgeta Chirlesan, Dumitru Chirlesan and Justin Dillon**.

Vull donar també les gràcies a companys i companyes de doctorat. En primer lugar, quiero hacer especial mención a una compañera que se ha convertido en mucho más que eso. Gracias a mi hermana académica y mi gran amiga **María Martínez Chico**. Desde nuestro primer encuentro en Santiago de Compostela conectamos a nivel profesional y personal. Nuestra visión de la enseñanza de las ciencias es tan cercana que cuando hablo contigo no sé qué he dicho yo y qué has dicho tú. Gracias por las infinitas conversaciones apasionadas hasta altas horas de la mañana, por los momentos de inspiración entre presentación y presentación en congresos. Gracias, porque tu motivación y amor insaciable por la enseñanza de las ciencias, así como tu dedicación genuina para formar buenos maestros, me inspira y me motiva a seguir en este camino. Gracias por haber compartido múltiples penas y alegrías a lo largo de este largo camino. Gracias por tu comprensión y tu cariño incondicional siempre. Por todo esto y muchísimo más, ¡muchas gracias chiquitica! ¡Te quiero! Gràcies també a la **Isabel Escriva**, per les converses acadèmiques i personals, per la bibliografia compartida i per escoltar-me. Aquest últim trosset de camí ha estat més fàcil gràcies a tu. A l'**Àngels Motló**, per les fructíferes discussions sobre el model de canvi químic. A **Macarena Soto** y **Nicolás Garrido** por compartir reuniones y seminarios tan interesantes, y por mostrar siempre tanto interés en nuestro trabajo. To **Valentin Maron**, for being a great colleague at ESERA Summer School and sharing your thoughts and research papers with me. For sharing a great vacation at Cappadocia and cheering me up in the last months of work. To the rest of colleagues at ESERA Summer School, for being the best group! **Tommi Kokkonen, Anna Hasenkamp, Yvonne Dettwiler, Spela Godec and Merve Senturk**. To our two amazing coaches: **Rober Evans** and **Eliza Rybska**. Thank you both for your invaluable help, for your incredibly useful comments and questions, and for being so supportive and positive with my work. Your support was vital for me during those days in Cappadocia. To **Ferah Özer**, for being such a wonderful person to work with and inviting me to your house in Turkey.

Gràcies a tots els amics i amigues que m'han acompanyat al llarg d'aquest procés. Gràcies **Maria Navarro**, per ser sempre el meu pilar. Gracias por estar siempre ahí. Por recordarme lo valiosa que era cuando yo me había olvidado. Por escucharme tantas veces, por interesarte tanto por la tesis, por abrazarme cuando lo necesitaba, por compartir tantas penas a lo largo de los años y por entenderme siempre. Hasta en momentos tan clave como tu maternidad. Este trozo de camino (así como el resto de mi vida) no tendría el mismo color sin ti. Te quiero guapa, y deseo que la vida nos siga llevando por senderos comunes. Gracias **Ana Vázquez**, porque creo que sin nuestras conversaciones telefónicas esta tesis no habría podido gestarse igual. Gracias por tu amor incondicional, por estar siempre disponible, por sentirte orgullosa de mí. Por escucharme tanto, por preguntarme tanto, por compartir tanto, por darme siempre tanto, en nuestros encuentros en Madrid, Valencia y Barcelona. Has sido el mejor bálsamo para las heridas. Gracias, por hacerme de espejo sincero sin juzgarme jamás. Por hacerme sentir fuerte y capaz siempre. Conocerme fue el gran regalo del camino, y nunca podré agradecerlo suficiente. Te quiero, amiga. Por las fresas, las piedras en el bolsillo, las flechas amarillas y los reflejos de hechicera. Gracias a mi otro gran regalo del camino, **Richi**, por abrirnos tu casa en Valencia y acogernos siempre sin límites, en todos los sentidos. Gracias, compañero. Gràcies a la **Georgina Salvador**, per donar-me ànims cada vegada que ens vèiem. Perquè encara que la vida ens porti per diferents camins, sé que em portes al cor igual que jo a tu. Gràcies a la **Natalia Rovira**, per ser una companya de pis genial durant molt de temps i convertir-te en una amiga i confident. Gràcies per animar-me amb la teva alegria desbordant, tantes i tantes vegades. Gràcies per encarregar-te del Rohan tantes altres, per repetir-me que jo podia i per recordar-me que la vida és fluir i alegria, i no pas penes i patiment. Gràcies bonica! Gràcies als companys del màster de professorat que encara formen part de la meva vida. Al **David López** i la **Judith Mula** (i la nova petita **Íria**), al **Javier Traba**, a la **Goretti Valls** i el **Simone** (i la seva petita **Emma**) per compartir dinars, sopars, casaments i jocs que m'han alegrat el camí. Gràcies a la **Oren Constreras** i al **Pau Panyella**, per aparèixer en aquest moment de la vida i tornar-vos uns companys i amics excepcionals, pels sopars ebris culturals i per tot el que ens queda

per compartir, això espero! Gràcies a l'**Anna Martines (Aloma)** i al **Joan Puig** pels jocs a casa i per escoltar-me les penes en aquest últim tram de tesi. Gràcies a l'**Alina Moser**, per ser tan motivada, i per les grans converses al bar d'educació que m'han animat i inspirat. Gràcies a l'**Olga Margalef**, per saber escoltar tan bé i donar els millors consells. Gràcies pels ànims i per recordar-me que una tesi també té un final. Gràcies, per últim, a una amiga que va marxar fa uns mesos, la **Salut Pastor**, una mica abans del que tocava. Gràcies per ser un exemple de vida, per ser forta i valenta, per recordar-me que jo podia amb la tesi i amb el que fos, i sobretot per fer-me veure que hi ha coses més importants que una tesi. Per fer-me entendre que hem vingut a aquesta vida a ser autèntics, i que el preu a pagar si no ho fem és molt alt. Gràcies, allà on siguis... et porto al cor i et trobo a faltar, xiqueta.

Gràcies als amics que van aparèixer a l'estada al Quebec. Aquell viatge va ser especial i fantàstic en bona part gràcies a vosaltres. Gràcies a la **Maria Ruiz** i al **Mat** per oferir-nos casa vostra sense ni tan sols conèixer-nos. Gràcies per acollir-me durant aquelles tres setmanes i per compartir amb mi experiències tan personals. Vaig aprendre molt amb vosaltres, a obrir el meu cor als estranys i a recordar que hi ha gent meravellosa pel món. Gràcies, de tot cor. Gràcies també a la **Núria Gutierrez** i al **Cédric**, per acollir-nos a Montreal també de manera tan desinteressada. Per ser tan oberts i ensenyar-nos la vostra preciosa ciutat sobre una *vélo*. Gràcies guapos! Merci **Paul Langlois**, et sa femme **Renelle Gagnon** et sa fille **Marie-Do**. Nous vous remercions de l'ouverture de votre maison pour nous, d'être comme nos parents québécois et suivez-nous en tenant compte de vos années de vie plus tard. Un gros câlin.

Gràcies als companys de ioga que m'han ensenyat tant, i especialment a les meves mestres, **Gloria Rosales** i **Gordana Vranjes**, que em van iniciar en aquest camí autèntic de recerca d'un mateix i de la veritat. A **Mariona Royo**, por ser un ejemplo a seguir, con tu dedicación y alegría, y por permitirme conocer a nuestra maestra **Swamini Pramananda (Ammaji)**. Thank you Ammaji for talking the Truth and always giving me unconditional Love. Thank you for reminding me how exclusive it is doing a PhD, how capable I was of doing it and how lucky I was for "having attracted a wonderful soul". Thank you Ammaji, I know you will be proud of me. Gràcies especials també a tots els meus estimats **alumnes de ioga**, que m'ensenyen tant i em motiven tant a ser millor persona. Gràcies pel preciós vídeo que em va fer, ple d'amor, que em va donar ànims en un moment molt i molt dur. Gràcies per entendre que havia de deixar algunes classes per fer la tesi. Gràcies també a la meva estimada alumna de piano **Marifè Garcia** i als meus **amics de salsa**, per entendre que també havia de deixar el piano i la salsa per poder fer la tesi.

Gracias a mi querida **familia**. Sois el gran pilar de mi vida y sin vosotros nada habría sido posible. Gracias por quererme tanto y por darme siempre lo máximo. Gracias, porque aunque en algunos momentos ha sido duro, siempre me habéis apoyado y me habéis querido incondicionalmente. Gracias **mamá**, Feli Espeja, porque has sabido lo duro que ha sido esto para mí y has estado siempre disponible. Gracias por la paciencia, por ayudarme en todo lo que estaba en tu mano, desde hacerme tantas comidas y cenas hasta escuchar mis rollos sobre reuniones. Gracias **papá**, José Garrido, por tu apoyo, por preguntarme tantas veces cómo lo llevaba y por tus consejos como padre (aunque algunos como las pastillas no los quisiera seguir). Vuestra aprobación ha sido siempre muy importante para mí y teneros cerca ha sido clave, especialmente en los últimos meses. Muchas gracias papuchis, os quiero. Gracias a mi hermano **Alex** y a mi sobrino **Víctor**, a los que quiero con locura y son también un pilar de mi vida que me ha dado fuerzas para terminar. Gracias a mi prima **Carol Roca**, con quien he compartido dulces y duros momentos. Gracias a mi abuelo **Eustaquio Espeja**, mi referente de superación, perseverancia y amor por el conocimiento. Porque sin poder estudiar, era una de las personas más sabias que he conocido y luchó siempre para que los suyos pudieran tener un futuro mejor. Allí donde estés, gracias yayo. Gracias a mi abuela **Carmen Blázquez**, mi referente de amor dulce y aceptación sin juicios. Deseo algún día parecerme a ti en esa



capacidad de acoger a los demás sin condiciones. Ahora, tu ser ya no está aquí pero todavía no te has ido. Deseo que pronto puedas descansar en paz, por fin. Te quiero mucho, yaya.

Vull agrair també a la meva nova família, Sunyer Sala, que m'ha acollit des del primer dia i m'ha donat sempre suport. Gràcies **Anna Sala** i **Jordi Sunyer**, per oferir-me sempre el millor refugi, la casa de Saurí, que m'ha donat els millors moments d'inspiració i pau durant la tesi. Gràcies pel vostre interès en saber com m'anava, per interessar-vos en la meva feina des de la mirada de mestra i d'investigador, i per tractar-me sempre com una filla més. De tot cor, moltes gràcies.

I no puc acabar aquests agraïments sense dirigir-me a la persona més important de la meva vida i el més responsable de que aquesta tesi s'hagi pogut acabar. **Pau Sunyer Sala**, no tinc paraules per agrair-te tot el que ha fet per mi i tot el que signifiqués. Gràcies Pau, per haver aparegut a la meva vida i voler compartir-la amb mi. Gràcies per tants i tants moments d'alegria i de penes compartits. Gràcies per tenir tanta paciència amb mi, per entendre com ningú aquest procés desesperant i embogidor. Per donar-me el permís per enfonsar-me, per acollir-me als teus braços, una vegada i una altra. Per recordar-me que no passava res (que no m'estava tornant boja!) i que tot passaria aviat. Gràcies per escoltar tants capítols, tantes anàlisis i tantes conclusions, fos on fos, a casa, a la muntanya o al cotxe, fins al punt de fer-te expert en models i en modelització! Pels teus savis consells i per ajudar-me amb la portada! Gràcies pels constants ànims, pel suport incondicional, per creure tant en mi, per estimar-me tant i de manera tan bonica, i per demostrar-m'ho de tantes maneres. Gràcies amor, per ser el millor company de vida. T'estimo! Perquè amb tu m'aprenc i em desaprenc, i em faig més gran i més forta. Perquè amb tu la vida m'agrada més. Gràcies per tants àpats cuinats, tantes converses, tants brindis i tantes estrelles fugaces... Perquè aquesta tesi no hagués estat possible sense tu. Evidentment i sense cap mena de dubte, aquesta tesi és tant teva com meva. I aquest document final significa un nou inici pels dos, més aviat que tard... Ara toca descobrir què és viure junts sense tesis pel mig. Gràcies al meu petit pelut, al **Rohan**, per estar sempre al meu costat, per aguantar tants dies avorrit a casa i per ser el millor gos que he conegut mai.

Gràcies a totes i cadascuna de les persones que m'heu acompanyat en aquest procés. Si bé en una tesi hi ha molts moments de soledat, aquesta tesi no l'he fet sola; l'he fet amb totes vosaltres. Moltes gràcies, de tot cor.

Per últim, volia agrair a aquells que sense formar part de la meva vida, han fet volar, amb les seves lletres i música, la meva ànima quan ningú més ho podia fer. Entre molts, gràcies a la Troba Kung-Fu, Oques grasses, The Cat Empire, Kelvis Ochoa i Keny Arkana. Si una frase pot capturar què ha estat aquesta tesi, podria ser aquesta:

*"I had a plan  
but that was where it ended."  
– The Cat Empire, The lost song.*

*“En la escuela es imposible enseñarles lo suficiente para hacerlos expertos en algún campo,  
pero debería ser posible darles la confianza para plantear preguntas pertinentes  
y para detectar las sandeces en las respuestas.”*

- Guy Claxton, en *Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela.*

*“Learning is a matter of how people transform  
through participation in the activities  
of their communities.”*

- Barbara Rogoff, in *Developing understandings of the idea of communities of learners.*



## Resum

Des del recent marc de pràctiques científiques es vol promoure un ensenyament de les ciències on els estudiants participin d'una Activitat Científica Escolar (ACE) anàloga a la de la ciència. Des d'aquesta perspectiva es pretén compartir amb els alumnes no només els productes de la ciència sinó també els seus processos cognitius i discursius, participant en les pràctiques interrelacionades de modelització, argumentació i indagació escolar.

Introduir la pràctica científica a l'escola primària, però, requereix d'un canvi profund en les formes de concebre i organitzar l'ensenyament de les ciències que ha de començar a la formació inicial de mestres. Des de la nostra perspectiva de l'ensenyament de les ciències basat en models, això implica capacitar-se en ensenyar uns continguts conceptuals clau, els Models Científics Escolars (MCE), i fer-ho modelitzant, amb l'objectiu que els futurs mestres experimentin com a alumnes el model didàctic que volem que tinguin com a futurs docents. Dissenyar, implementar i analitzar una formació inicial dirigida a assolir aquests objectius és la raó de ser d'aquesta recerca, que s'estructura en dos estudis diferenciats.

A l'estudi 1 hem dissenyat, analitzat i modificat iterativament una assignatura de ciències de la formació inicial de mestres, des del marc metodològic de la Recerca Basada en el Disseny. L'anàlisi d'aquest procés de transformació ens ha permès conèixer els tipus i rellevància de les limitacions de l'assignatura, així com els tipus de canvis que poden resultar útils per dissenyar entorns d'aprenentatge centrats en la modelització i els MCE. Els resultats indiquen que aquest procés és complex i que requereix modificar tant el "com" com el "què" ensenyar. Producte d'aquest estudi es proposen un cicle de modelització i una definició dels MCE de canvi químic i de flotació. Ambdós instruments s'han utilitzat per dissenyar dues seqüències didàctiques que han mostrat ser eficaces.

Tot i que existeix molta recerca sobre modelització o models, no n'hi ha gaire on s'investigui la participació en la pràctica de modelització i l'evolució en l'aprenentatge dels models mentre s'estan donant a l'aula, ni a una escala molt "micro" o detallada. En l'estudi 2 investiguem molt detalladament i a diferents escales les discussions que es donen a l'aula, per tal de conèixer en profunditat aquests processos, la seva complexitat i els mecanismes que els influencien. Els resultats mostren que el procés de modelització és més complex que allò que es pot interpretar de la literatura de l'àmbit, ja que per construir un MCE els alumnes necessiten participar en totes les pràctiques de modelització (ús, expressió, avaluació i revisió del model) de forma dinàmica i constant. D'altra banda, l'evolució del domini dels models segueix una tendència no lineal però positiva al llarg de tota la seqüència instruccional que ens permet identificar unes progressions d'aprenentatge empíriques pels MCE de canvi químic i flotació. Per últim, els mecanismes d'influència didàctica que promouen activitats de modelització són diversos i abundants, predominant aquells utilitzats autònomament pels propis alumnes.

En conclusió, considerem que la construcció del model no és una fase inicial de la seqüència en base a la qual tot s'avalua i es revisa, sinó l'objectiu de tota la seqüència, que engloba totes les pràctiques de modelització. D'altra banda, hem vist que el mecanisme més productiu per promoure una bona pràctica de modelització és el qüestionament del model fet pel propi alumnat, mentre que aquell per promoure un major assoliment dels MCE és la introducció d'idees noves pel professorat. Així mateix, quan l'alumnat s'involucra en una modelització experta (participant molt en l'avaluació i revisió del model amb un patró iteratiu) arriba també, a la llarga, a un major domini dels models. Aquesta modelització experta sembla donar-se en una cultura discursiva de caire indagativa i crítica, i en grups de treball que mostren confiança.

## Resumen

Desde el reciente marco de prácticas científicas se quiere promover una enseñanza de las ciencias donde los estudiantes participen de una Actividad Científica Escolar (ACE) análoga a la de la ciencia. Desde esta perspectiva se pretende compartir con los alumnos no sólo los productos de la ciencia sino también sus procesos cognitivos y discursivos, participando en las prácticas interrelacionadas de modelización, argumentación e indagación escolar.

Introducir la práctica científica en la escuela primaria, sin embargo, requiere de un cambio profundo en las formas de concebir y organizar la enseñanza de las ciencias que debe comenzar en la formación inicial de maestros. Desde nuestra perspectiva de la enseñanza de las ciencias basada en modelos, esto implica capacitarse en enseñar unos contenidos conceptuales clave, los Modelos Científicos Escolares (MCE), y hacerlo modelizando, con el objetivo de que los futuros maestros experimenten como alumnos el modelo didáctico que queremos que tengan como futuros docentes. Diseñar, implementar y analizar una formación inicial dirigida a lograr estos objetivos es la razón de ser de esta investigación que se estructura en dos estudios diferenciados.

En el estudio 1 hemos diseñado, analizado y modificado iterativamente una asignatura de ciencias en la formación inicial de maestros, desde el marco metodológico de la Investigación Basada en el Diseño. El análisis de este proceso de transformación nos ha permitido conocer los tipos y relevancia de las limitaciones de la asignatura, así como los tipos de cambios que pueden resultar útiles para diseñar entornos de aprendizaje centrados en la modelización y los MCE. Los resultados indican que este proceso es complejo y que requiere modificar tanto el "cómo" como el "qué" enseñar. Producto de este estudio se proponen un ciclo de modelización y una definición de los MCE de cambio químico y de flotación. Ambos instrumentos se han utilizado para diseñar dos secuencias didácticas que han mostrado ser eficaces.

Aunque existe mucha investigación sobre modelización o modelos, no hay mucha donde se investigue la participación en la práctica de modelización y la evolución en el aprendizaje de los modelos mientras se están dando en el aula, ni análisis a una escala muy "micro" o detallada. En el estudio 2 investigamos muy detalladamente y a diferentes escalas las discusiones que se dan en el aula para conocer en profundidad estos procesos, su complejidad y los mecanismos que los influyen. Los resultados muestran que el proceso de modelización es más complejo que lo que se puede interpretar de la literatura, ya que para construir un MCE los alumnos necesitan participar en todas las prácticas de modelización (uso, expresión, evaluación y revisión del modelo) de forma dinámica y constante. Por otra parte, la evolución del dominio de los modelos sigue una tendencia no lineal pero positiva a lo largo de toda la secuencia instruccional que nos permite identificar unas progresiones de aprendizaje empíricas para los MCE de cambio químico y flotación. Por último, los mecanismos de influencia didáctica que promueven actividades de modelización son diversos y abundantes, predominando aquellos utilizados autónomamente por los propios alumnos.

En conclusión, consideramos que la construcción del modelo no es una fase inicial de la secuencia en base a la que todo se evalúa y se revisa, sino el objetivo de toda la secuencia, que engloba todas las prácticas de modelización. Por otra parte, hemos visto que el mecanismo más productivo para promover una buena práctica de modelización es el cuestionamiento del modelo hecho por el propio alumnado, mientras que aquél para promover un mayor logro de los MCE es la introducción de ideas nuevas por el profesorado. Asimismo, cuando el alumnado se involucra en una modelización experta (participando mucho en la evaluación y revisión del modelo con un patrón iterativo) llega también, a la larga, a un mayor dominio de los modelos. Esta modelización experta parece darse en una cultura discursiva de tipo indagativa y crítica, y en grupos de trabajo que muestran confianza.

## Abstract

The recent framework of scientific practices proposes science learning as students' participation in a School Scientific Activity (SSA) analogous to that of science. From this perspective the aim is to share with students not only the products of science but also their cognitive and discourse processes, by participating in the interrelated school practices of modeling, argumentation and inquiry.

The introduction of scientific practices in elementary school requires a profound change in the ways of conceiving and organizing science education, which should start at teachers' initial training. From our model-based perspective of science education, this implies learning to teach the key ideas of science or School Scientific Models (SCM) and doing so by engaging in a modeling activity. The aim is that pre-service teachers can experience as learners the teaching model that we want them to hold as future teachers. As a consequence, this research is structured in two separate studies devoted to designing, implementing and analyzing an initial teacher education course developed within this perspective.

In the first study we iteratively designed, analyzed and accordingly modified a primary school teacher education science course using the methodological framework of the Design-Based Research. The analysis of the course transformation process has allowed us to evidence the type and relevance of the course's limitations and the types of changes that can be useful for transforming the learning environment towards a model-based one that encompasses both modeling practice and the learning of targeted SCM. Our results indicate that this process is complex and requires modifying both the "how" and "what" to teach in a coherent manner. As a product of this study we propose a modeling cycle and an expression in terms of sequenced ideas of the SCM of chemical change and buoyancy. Both these didactical tools have been used to design two instructional sequences that have shown to be effective.

In spite of the extensive literature on modeling and models, there is little research focused on analyzing the modeling practice of pre-service teachers and the evolution of their learning of models while modeling in the science classroom. There is also little research on modeling that analyzes this process at a finer grain or small scale. In the second study of this thesis we investigate at different scales the laboratory-based small-group discussions that take place in the classroom, in order to dig deeper into these processes, their complexity and the didactical mechanisms that influence them. The results show that the modeling activity is more complex than what is generally reported in the literature in the field, because to build a MCE students participate in a great diversity of modeling practices (use, expression, evaluation and revision of their models) in a dynamic manner. Moreover, the evolution of pre-service teachers' models follows a non-linear but positive tendency towards the targeted MCE throughout the instructional sequence, which allows us to identify some empirical learning progressions of MCE chemical change and buoyancy. Finally, the mechanisms of didactic influence that promote these modeling activities are diverse and abundant, predominantly those used independently by the students themselves.

In conclusion, our results show that the construction of the model is not an initial phase from which evaluation and revision takes place, but the objective of the entire sequence that requires all modeling practices in every stage. Moreover, we have seen that the most productive mechanism to promote good modeling practice is the questioning of the model made by the students themselves, while that for promoting greater achievement of MCE is the introduction of new ideas by the teacher educator. In addition, when students engage in an expert modeling activity (participating largely in an iterative pattern of evaluation and revision of models) they show in the long run a greater mastery of the MCEs. This expert modeling activity seems to occur in pre-service teacher groups that hold an inquiring and critical discursive culture within a trusting atmosphere.

# Índex

Taula de Figures.....	VII
Índex de Taules.....	VIII
Índex de Gràfics.....	IX
<b>CAPITOL 1. INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOL 2. MARC TEÒRIC.....</b>	<b>7</b>
Introducció al marc teòric .....	9
2.1. La pràctica científica a la didàctica de les ciències .....	10
2.1.1. Introducció: La pràctica científica des de la nostra perspectiva.....	10
2.1.2. Les pràctiques de la ciència i de la ciència escolar .....	10
2.1.3. Justificacions per incorporar la pràctica científica a l'aula.....	14
2.2. Els models a la didàctica de les ciències .....	21
2.2.1. Introducció: Els models des de la nostra perspectiva.....	21
2.2.2. Els models científics i els models científics escolars .....	21
2.2.3. Justificacions per ensenyar i aprendre models .....	32
2.3. La modelització a didàctica de les ciències .....	35
2.3.1. La modelització en relació a l'argumentació.....	35
2.3.2. Elements clau de la modelització .....	36
2.4. La instrucció centrada en models.....	39
2.4.1. Com ensenyar models i modelitzar: l'ACE .....	44
2.4.2. Com s'aprenen els models i a modelitzar: les progressions d'aprenentatge.....	47
2.5. La formació inicial de mestres.....	50
2.5.1. Situació de la modelització a l'escola primària.....	50
2.5.2. La incorporació de la modelització i els models a la formació inicial de mestres .....	52
<b>CAPITOL 3. OBJECTIUS I PREGUNTES DE RECERCA .....</b>	<b>55</b>
3.1. ESTUDI 1: Anàlisi de la transformació de l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals" a la formació inicial de mestres de primària.....	57
3.2. ESTUDI 2: Anàlisi de la modelització, els models i els mecanismes d'influència didàctica en la formació inicial de mestres de primària .....	58
<b>CAPITOL 4. ESTUDI 1: ANÀLISI DE LA TRANSFORMACIÓ DE L'ASSIGNATURA "DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS" A LA FORMACIÓ INICIAL DE MESTRES DE PRIMÀRIA .....</b>	<b>59</b>
Introducció .....	61
4.1. Marc metodològic .....	61

4.1.1.	Per què ens situem en el marc de la Recerca Basada en el Disseny? .....	62
4.2.	Context: Procés de transformació de l'assignatura de Didàctica de les ciències experimentals en el grau de primària.....	65
4.3.	Anàlisi del procés de transformació d'una assignatura basada en models (enfocament conceptual) a una basada en la modelització (enfocament en la pràctica). Objectiu 1.1. ....	69
4.3.1.	Recollida de dades .....	69
4.3.2.	Codificació.....	73
4.3.3.	Anàlisi de dades.....	77
4.3.4.	Resultats i discussió .....	79
4.4.	Disseny d'instruments per promoure la modelització i la construcció de dos models concrets. Objectiu 1.2. ....	90
4.4.1.	Construcció d'un cicle de modelització i la seva seqüència instruccional .....	90
4.4.2.	Definició dels MCE de canvi químic i flotació.....	100
4.5.	Productes de l'estudi .....	105
4.5.1.	Seqüència didàctica del model de canvi químic.....	106
4.5.2.	Seqüència didàctica del model de flotació.....	112
<b>CAPITOL 5. ESTUDI 2: ANÀLISI DE LA MODELITZACIÓ, ELS MODELS I ELS MECANISMES D'INFLUÈNCIA DIDÀCTICA EN LA FORMACIÓ INICIAL DE MESTRES DE PRIMÀRIA .....</b>		<b>119</b>
	Introducció .....	121
5.1.	Metodologia.....	121
5.1.1.	Marc metodològic.....	121
5.1.2.	Consideracions ètiques .....	124
5.1.3.	Context de l'estudi.....	126
5.1.4.	Estratègia de recollida de dades.....	127
5.1.5.	Estratègia d'anàlisi de dades .....	131
5.2.	Resultats i discussió respecte la modelització .....	152
5.2.1.	Evolució de la participació dels futurs mestres en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència instruccional .....	153
5.2.2.	Patrons de modelització que es donen en les discussions entre els futurs mestres en cadascuna de les fases .....	157
5.2.3.	Discussió en relació a la modelització.....	162
5.3.	Resultats i discussió respecte els models .....	169
5.3.1.	Progressions aprenentatge empíriques dels models de canvi químic i flotació .....	170
5.3.2.	Evolució global del model dels futurs mestres al llarg de la seqüència instruccional .....	177
5.3.3.	Evolució individual del model dels futurs mestres al llarg de la seqüència instruccional ...	185
5.3.4.	Patrons de variació del model que es donen en moments concrets de discussió entre els futurs mestres.....	190



5.3.5.	Discussió en relació als models .....	196
5.4.	Resultats i discussió respecte els mecanismes d'influència didàctica.....	202
5.4.1.	Mecanismes d'influència didàctica i responsables que els promouen.....	203
5.4.2.	Influència dels mecanismes més abundants en l'activitat de modelització .....	206
5.4.3.	Discussió en relació als mecanismes d'influència didàctica.....	252
<b>CAPITOL 6. CONCLUSIONS I IMPLICACIONS.....</b>		<b>256</b>
6.1.	Conclusions de cada estudi, limitacions i implicacions.....	258
6.1.1.	Estudi 1: Anàlisi de la transformació de l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals" a la formació inicial de mestres de primària.....	258
6.1.2.	Estudi 2: Anàlisi de la modelització, els models i els mecanismes d'influència didàctica en la formació inicial de mestres de primària.....	262
6.2.	Conclusions transversals.....	270
6.3.	Conclusions metodològiques .....	272
<b>CAPITOL 7. BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>274</b>
<b>CAPITOL 8. GLOSSARI .....</b>		<b>292</b>
<b>CAPITOL 9. ANNEXOS .....</b>		<b>296</b>
	Annex 1: Taula de limitacions més importants i canvis proposats a l'assignatura.....	298
	Annex 2. Qüestionari Pilot (curs 2014-2015) i Qüestionari Modificat (curs 2015-2016).....	314
	Annex 3. Esquema de les seqüències didàctiques de modelització per a la construcció dels MCE de canvi químic i flotació .....	318
	Annex 4. <i>Power Points</i> utilitzats als seminaris Canvi químic i Flotabilitat .....	328
	Annex 5: Dossiers dels seminaris Canvi químic i Flotabilitat.....	342
	Annex 6. Tasques individuals i preguntes d'examen pels MCE de canvi químic i de flotació.....	350
	Annex 7. Full informatiu i Full de consentiment.....	354
	Annex 8. Documents escrits analitzats a l'Estudi 2.....	356
	Annex 9: Documents audiovisuals analitzats a l'Estudi 2.....	404

## Índex de Figures

Figura 1: Esquema de la tesi.....	5
Figura 2: Esquema de l'activitat científica.....	11
Figura 3: Relació entre les competències científiques i les pràctiques científiques.....	19
Figura 4: Exemples de simulació i dibuix (explicitació de model).....	29
Figura 5: Esquema de les perspectives en relació als models i a la modelització.....	67
Figura 7: Esquema de la transformació de l'assignatura en els cursos 2013-14, 14-15 i 15-16.....	68
Figura 8: Exemples de materials didàctics utilitzats durant el curs 2013-14.....	69
Figura 9: Exemples de notes de camp de l'assignatura preses durant el curs 2013-14.....	70
Figura 10: Captures d'imatge de les discussions en grup petit durant el curs 2013-14.....	70
Figura 11: Exemples de produccions de l'alumnat recollits durant el curs 2014-15.....	71
Figura 12: Captures d'imatge de les discussions en grup petit durant el curs 2014-15.....	72
Figura 13: Exemple de qüestionari pilot respost per un alumne durant el curs 2014-15.....	73
Figura 14: Esquema de la primera versió del cycle de modelització.....	93
Figura 15: Esquema del cycle de modelització definitiu.....	97
Figura 16: Esquema de la relació entre el cycle de modelització proposat i el cycle d'aprenentatge.....	100
Figura 17: Esquema del cycle de modelització aplicat al model de canvi químic.....	112
Figura 18: Esquema del cycle de modelització aplicat al model de flotació.....	117
Figura 19: Sessions seleccionades per l'anàlisi de l'Estudi 2.....	126
Figura 20: Esquema de la selecció de dades analitzades a l'Estudi 2.....	130
Figura 21: Imatge representativa de la codificació amb del programa <i>Atlas.ti</i> .....	141
Figura 22: Exemples de gràfics de patrons de modelització i de variació del model.....	143
Figura 23: Exemples de gràfics de % de temps dedicat a cada pràctica en una fase i evolució de la participació en les pràctiques.....	144
Figura 24: Exemple de gràfic d'evolució del nivell del model global al llarg de la seqüència.....	146
Figura 25: Exemple de gràfic d'evolució del nivell del model individual al llarg de la seqüència.....	147
Figura 26: Exemple de gràfic de patrons de modelització i variació del model en episodis interessants.....	149
Figura 27: Exemple de gràfic de mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.....	149
Figura 28: Esquema dels tipus d'anàlisis realitzats i els tipus de gràfics obtinguts.....	151
Figura 29: Esquema de les conclusions transversals.....	271

## Índex de Taules

Taula 1: Dimensions i categories d'anàlisi de les limitacions.....	74
Taula 2: Tipus de limitacions possibles. ....	74
Taula 3: Exemples de la codificació realitzada a l'Estudi 1.....	76
Taula 4: Criteri per determinar el grau de rellevància de les limitacions. ....	78
Taula 5: Limitacions identificades el primer any (Curs 2013-14) i alternatives de disseny proposades .....	82
Taula 6: Limitacions identificades el primer any (Curs 2014-15) i alternatives de disseny proposades. ....	83
Taula 7: Principis de disseny.....	87
Taula 8: Comparació dels cicles/seqüències de modelització de la literatura i primera versió del cicle de modelització. ....	92
Taula 9: Comparació entra la primera versió del cicle de modelització i la versió definitiva. ....	95
Taula 10: Cicle de modelització definitiu i exemples de tasques. ....	96
Taula 11: Relació entre el cicle de modelització proposat i el cicle d'aprenentatge. ....	98
Taula 12. Idees clau MCE de canvi químic. ....	103
Taula 13. MCE apropiat de canvi químic.....	103
Taula 14. Idees clau del MCE de flotació.....	105
Taula 15. MCE apropiat de flotació. ....	105
Taula 16: Esquema de la seqüència didàctica pel model de canvi químic.....	111
Taula 17: Esquema de la seqüència didàctica pel model de flotació. ....	116
Taula 18: Categories de les practiques de modelització.....	133
Taula 19: Nom dels codis de les progressions d'aprenentatge empíriques.....	134
Taula 20: Categories dels mecanismes d'influència didàctica. ....	137
Taula 21: Dimensions o famílies de codis utilitzats per codificar.....	140
Taula 22: Exemple d'anàlisi de la co-ocurrència de codis.....	145
Taula 23: Exemple de transcripció i codificació d'un episodi.....	149
Taula 24: Resum dels gràfics inclosos als resultats sobre els mecanismes d'influència didàctica. ....	152
Taula 25: Fases seleccionades per analitzar les pràctiques de modalització al llarg de les seqüències. ....	154
Taula 26: Resum dels gràfics inclosos als resultats sobre els mecanismes d'influència didàctica .....	169
Taula 27: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "macro" de canvi químic .....	172
Taula 28: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "micro-físic" de canvi químic .....	172
Taula 29: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "micro-químic" de canvi químic.....	173
Taula 30: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "densitat" de flotació .....	175
Taula 31: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "forces" de flotació .....	177
Taula 32: Resum de les progressions d'aprenentatge empíriques dels models. ....	177
Taula 33: Moments seleccionats per analitzar l'evolució del model canvi químic. ....	179
Taula 34: Moments seleccionats per analitzar l'evolució del model flotació. ....	182
Taula 35: Resum dels gràfics inclosos als resultats sobre els mecanismes d'influència didàctica. ....	203
Taula 36: Nombre de vegades d'ús dels mecanismes d'influència didàctica pels diferents responsables. ....	204
Taula 37: Resum dels resultats de la influència dels mecanismes més abundants (5.4.2.).....	209
Taula 38: Transcripció i codificació de l'episodi 1 (seleccionat de la <i>Tasca canvi 8</i> del G1). ....	211
Taula 39: Transcripció i codificació de l'episodi 2a (seleccionat de la <i>Tasca canvi 8</i> del G1). ....	215
Taula 40: Transcripció i codificació de l'episodi 2b (seleccionat de la <i>Tasca canvi 6</i> del G2). ....	218
Taula 41: Transcripció i codificació de l'episodi 2c (seleccionat de la <i>Tasca Flot 5</i> del G2).....	223
Taula 42: Transcripció i codificació de l'episodi 3a (seleccionat de la <i>Tasca canvi 6</i> del G2). ....	226
Taula 43: Transcripció i codificació de l'episodi 3b (seleccionat de la <i>Tasca Flot 2</i> del G1). ....	229

Taula 44: Transcripció i codificació de l'episodi 4a (seleccionat de la <i>Tasca Flot 4</i> del G1).....	234
Taula 45: Transcripció i codificació de l'episodi 4b (seleccionat de la <i>Tasca Flot 4</i> G2).....	237
Taula 46: Transcripció i codificació de l'episodi 5 (seleccionat de la <i>Tasca Flot 8</i> G2).....	242
Taula 47: Transcripció i codificació de l'episodi 6 (seleccionat de la <i>Tasca Flot 4</i> G1).....	245
Taula 48: Transcripció i codificació de l'episodi 7a (seleccionat de la <i>Tasca Flot 4</i> G1).....	249
Taula 49: Transcripció i codificació de l'episodi 7b (seleccionat de la <i>Tasca Flot 2</i> G1).....	251

## Índex de Gràfics

Gràfic 1. Evolució de la rellevància didàctica de les limitacions entre el 1 <sup>er</sup> any i el 2 <sup>on</sup> any. ....	83
Gràfic 2: Evolució de la rellevància didàctica de les limitacions de cada tipus entre el 1 <sup>er</sup> any i el 2 <sup>on</sup> any. ....	86
Gràfic 3: Evolució de la participació en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència.....	155
Gràfic 4: % de temps dedicat a cada pràctica (gràfics #5a-#18a).....	158
Gràfic 5: Patrons de modalització (gràfics #5b-#18b).....	159
Gràfic 6: Evolució global del model de canvi químic al llarg de la seqüència. ....	180
Gràfic 7: Evolució global del model de flotació al llarg de la seqüència. ....	184
Gràfic 8: Evolució individual del model de canvi químic al llarg de la seqüència.....	187
Gràfic 9: Evolució individual del model de flotació al llarg de la seqüència.....	189
Gràfic 10: Patrons de variació del model de canvi químic. ....	192
Gràfic 11: Patrons de variació del model flotació.....	194
Gràfic 12: Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. ....	210
Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.....	211



# CAPÍTOL 1.

## INTRODUCCIÓ

---



Aquesta tesi doctoral neix d'una apreciació sobre una realitat del nostre context, tant a nivell de les escoles de primària que coneixem com dels alumnes que acaben una formació inicial de mestres de primària. En els dos casos, i especialment dels futurs mestres que han rebut una formació en el nostre departament<sup>1</sup>, observem que l'enfocament didàctic que tenen està encara molt centrat en el professor i en la transmissió de coneixements ja finalitzats, en comptes de promoure que sigui el propi alumnat qui va construint el seu coneixement. Quan es fa una activitat pràctica, sovint es limita a processos manipulatius i rutinaris que no ajuden a l'alumnat a construir el coneixement conceptual clau sinó únicament a motivar-los, a experimentar *per se* o en el millor dels casos a comprovar les idees teòriques prèviament explicades.

Com a formadores dels futurs docents de primària, ens va sorprendre observar que l'alumnat de 4<sup>th</sup> del grau de primària no incorporés l'enfocament didàctic propi del nostre departament, tot i haver estat amb nosaltres en diverses assignatures al llarg de la carrera. Si bé és cert que les assignatures de ciències a la carrera són escasses, el temps dedicat a aquestes assignatures mostrava no ser efectiu. Des d'aquesta apreciació, vam considerar que calia una revisió de la formació inicial de mestres en didàctica de les ciències.

El tret característic més important del nostre enfocament és la doble preocupació pel contingut conceptual (construir uns models científics escolars clau) i per la pràctica (fent-ho promovent una activitat científica escolar de modelització a l'aula). Sent crítiques, ens vam adonar, conjuntament amb l'equip docent de l'assignatura de didàctica de les ciències experimentals<sup>2</sup>, que aquesta segona part (el foment de les pràctiques discursives) no l'estàvem realitzant amb el mateix èmfasi que la primera (contingut conceptual de ciències), possiblement per diversos motius contextuais, com la falta de temps, les dificultats estructurals del treball en grup i per seminaris, etc. Així mateix, integrar les pràctiques discursives de la ciència a la formació inicial planteja grans reptes no resolts a la literatura existent. Havent identificat aquesta limitació vam voler ajudar en aquest sentit. Aprofitant la voluntat de l'equip docent per fer canvis en l'assignatura, ens vam plantejar una tesi al voltant d'un procés de transformació que ens servís 1) per millorar l'assignatura i per mesurar fins a quin punt la milloràvem, 2) per reflexionar i aclarir el nostre propi posicionament en aquest procés i 3) per aportar a la literatura en didàctica de les ciències, concretament sobre models i sobre pràctica científica en la formació inicial de mestres.

Amb aquesta voluntat o objectiu de transformació de l'assignatura hem iniciat una tesi que té dues parts (dos estudis): I) transformar una assignatura centrada en models a una centrada en la pràctica científica de modelització (com ja explicarem després), i II) analitzar què està passant a l'aula quan fem això (en promoure els models i la modelització). Concretament, hem volgut veure si els alumnes estan assolint els models científics escolars que pretenem, si estan aprenent a modelitzar i si estan adonant-se de l'aproximació didàctica des de la qual estem treballant<sup>3</sup>. Aquest últim aspecte forma part d'un tercer estudi que per motius d'espai no s'ha inclòs a la tesi, però uns primers resultats s'han presentat en congressos anteriors (Garrido & Couso, 2015) i els resultats finals pendents de publicació mostren que els futurs mestres de primària s'han adonat d'aquesta manera d'ensenyar, reconeixen les activitats de modelització i el seu paper en l'aprenentatge i les aprecien per incorporar-les a les seves classes com a docents en el futur.

---

<sup>1</sup> Departament de didàctica de la matemàtica i les ciències experimentals de la UAB.

<sup>2</sup> Una de les principals assignatures de ciències obligatòries de tot el grau.

<sup>3</sup> Som conscients que, tot i que els alumnes no poden incorporar en tan poc temps una aproximació didàctica adequada i aplicar-la als seus futurs dissenys de seqüències, sí creiem que la participació en una assignatura que segueix aquesta aproximació didàctica és requisit indispensable perquè puguin després apropiarse-la.



## Capítol 1. Introducció

Aquesta tesi està distribuïda en diferents capítols, on es van presentant els diferents aspectes treballats i que han estat necessaris per donar resposta als nostres objectius.

Per il·luminar-nos en aquest procés, hem hagut d'analitzar i estudiar què diuen altres autors del marc de la pràctica científica, dels models i de la modelització, així com de l'activitat científica escolar i de la formació inicial de mestres; aspectes que conformen el nostre **marc teòric** presentat al capítol 2. **Els objectius i les preguntes de recerca** de cada objectiu es concreten i detallen a continuació, al capítol 3.

En un primer estudi (**Estudi 1**, capítol 4) analitzem, en el marc de la Recerca Basada en el disseny, la transformació realitzada a l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals" de la formació inicial de mestres de primària. Per això, primer presentem un breu resum de l'estudi i definim el nostre marc metodològic. Després presentem el context d'estudi i a continuació ens endinsem en l'anàlisi i resultats dels dos objectius d'aquest estudi: Analitzar el procés de transformació d'una assignatura basada en models a una basada en la modelització (objectiu 1.1.), i dissenyar instruments per promoure la modelització i la construcció de dos models concrets (objectiu 1.2.). L'Estudi 1 el finalitzem amb una discussió general dels resultats obtinguts i amb uns productes de l'estudi (seqüències didàctiques resumides).

En el segon estudi (**Estudi 2**, capítol 5) volem investigar què passa a l'aula quan ja s'ha transformat l'assignatura. Comencem amb un breu resum de l'estudi, i a continuació expliquem el nostre enfocament metodològic, com s'han recollit les dades i com s'han analitzat. En el següent apartat presentem i discutim els resultats obtinguts dels tres objectius d'aquest estudi. En concret, expliquem i discutim com evolucionen els alumnes en la participació en les pràctiques de modelització (objectiu 2.1.), com evoluciona el seu domini dels models (objectiu 2.1.) i quins són els detonants o mecanismes d'influència didàctica que activen una activitat de modelització en els alumnes (objectiu 2.3.).

En un intent d'extraure i resumir les principals contribucions d'aquesta tesi, presentem unes **conclusions** (capítol 6). En primer lloc, unes conclusions, limitacions i implicacions didàctiques de cada estudi, i a continuació unes conclusions transversals que relacionen i integren els principals resultats de tots els estudis. En segon lloc, presentem unes conclusions metodològiques.

Les **referències** de la literatura utilitzada en tots els capítols s'inclouen al final de tota la tesi (al capítol 7). Sabent, tal i com afirmen diversos autors, la gran polisèmia que hi ha en l'àmbit dels models i la modelització, i per ser consistents en aquesta tesi en l'ús del llenguatge, hem inclòs un **glossari** al final de tots els apartats (capítol 8), amb totes les nostres comprensions dels termes més importants usats a la tesi.

Per últim, incloem uns **annexos** (en format digital) on es troben els diversos materials didàctics usats a l'assignatura i les dades analitzades (en format de text i vídeo), a més d'altres documents que es referencien en el text.

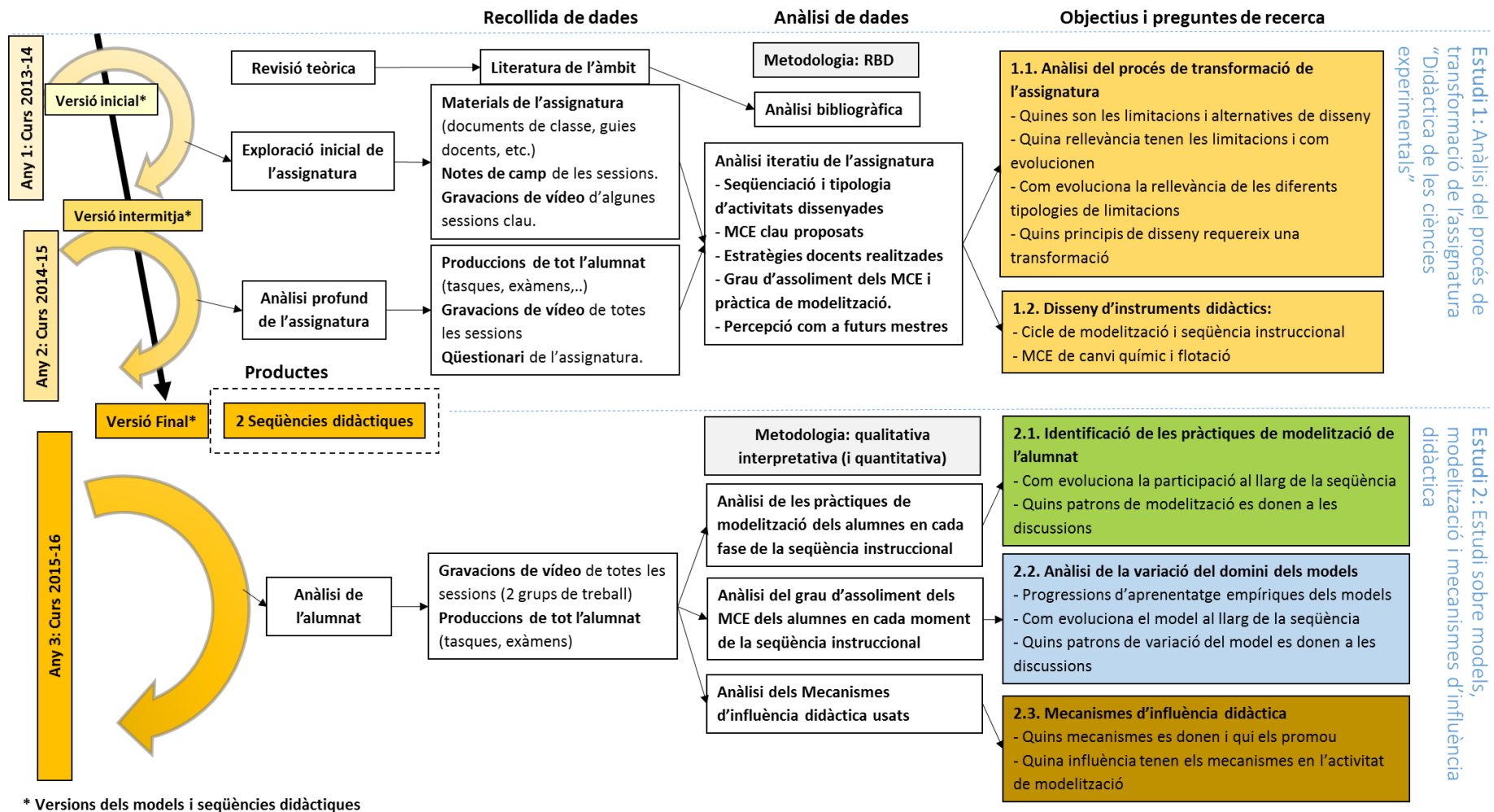


Figura 1: Esquema de la tesi



# CAPÍTOL 2.

## MARC TEÒRIC

---



## Introducció al marc teòric

Una forma innovadora d'ensenyament de les ciències es presenta en el marc de les pràctiques científiques (Kelly & Chen, 1999; NRC, 2012; Osborne, 2014), anàlogues (però no iguals) a les de la ciència (Izquierdo, Espinet, García, Pujol, & Sanmartí, 1999). La participació en aquestes pràctiques és coherent amb el marc de l'aprenentatge socio-cultural i situat (Hennessy, 1993; Lave & Wenger, 1991; Rogoff, 1994) i ha mostrat promoure una visió més acurada de les maneres de funcionar de la ciència (Grandy & Duschl, 2007) i ser clau per aconseguir l'alfabetització o competència científica dels estudiants (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012; NRC, 2012).

D'altra banda, diferents autors destaquen la importància de l'aprenentatge de models científics (escolars) clau (Adúriz-bravo & Izquierdo-aymerich, 2009; Clement, 2008a; Gilbert & Boulter, 2000) que permetin als alumnes explicar gran quantitat de fenòmens des d'una determinada "manera de mirar". L'aprenentatge de models és coherent amb una visió semanticista del funcionament de la ciència (Gilbert, 2004; Halloun, 2004) i amb la teoria constructivista de l'aprenentatge (Driver, 1986; Glynn & Duit, 1996), i pot permetre superar mancances identificades en els currículums (Clement, 2000; NRC, 2012) en reduir i donar coherència als continguts conceptuals a aprendre.

En aquest sentit, la pràctica científica de modelització adquireix especial rellevància com un procés clau en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències (Schwarz, 2009; Tiberghien, 1994), des del nostre punt de vista, per aconseguir que els alumnes construeixin uns models científics escolars clau. Per promoure això a l'aula, el marc de l'Activitat científica escolar (Izquierdo et al., 1999; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003) ha mostrat ser molt útil.

Tot i que hi ha molta recerca sobre la modelització o els models, no n'hi ha gaire en la qual s'hagi investigat la participació dels alumnes en les pràctiques de modelització o la construcció del model en el "durant" (és a dir, mentre s'estan donant a l'aula) ni a una escala molt petita o detallada. En aquesta tesi investiguem molt detalladament les discussions que es donen a l'aula per tal de conèixer en profunditat aquests processos, la seva complexitat i els mecanismes que els influencien. Tal i com indiquen altres autors (Louca, Zacharia, & Constantinou, 2011), és especialment necessari investigar quins són els mecanismes didàctics que afavoreixen una modelització productiva, ja que donar un suport efectiu als alumnes en aquests contextos és un repte pel professorat. Conèixer la influència que poden tenir aquests mecanismes quan els realitza el propi alumnat és una àrea de la qual se sap poc i amb la qual hi volem contribuir amb aquesta recerca.

D'altra banda, l'evolució que fan realment els alumnes en el domini dels models científics escolars es pot conèixer a través de la creació d'unes progressions d'aprenentatge empíriques, que també es consideren útils per guiar el disseny de seqüències instruccionals i facilitar l'avaluació (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009). Intentant superar algunes mancances importants identificades en diverses progressions d'aprenentatge (NRC, 2012), fem una proposta també en aquest sentit.

Per últim, coincidim amb altres autors en que la incorporació dels models i la modelització a l'escola primària és molt escassa (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008b), amb la qual cosa es fa necessària la incorporació d'aquests aspectes ja a la formació inicial de mestres. Dissenyar una formació adient en aquesta línia requereix tenir en compte tant el coneixement disciplinar com el coneixement didàctic del contingut que han d'aprendre els futurs docents (Shulman, 1986). Des de la nostra perspectiva, proposar entorns d'aprenentatge com l'ACE és especialment adequat en aquest context, no només perquè promou construir uns pocs models clau que els hi poden servir com a bons exemples per treballar a l'aula de

ciències, sinó també perquè permet que experimentin en primera persona els detalls i característiques d'una metodologia didàctica adequada, requisit imprescindible perquè siguin capaços d'aplicar-la en un futur a les seves classes (Martínez-Chico, 2013). Conèixer com els mestres en formació inicial modelitzen i aprenen uns models científics clau en un context que ho pretén promoure és un àmbit que s'ha estudiat poc i en el qual aquesta tesi es centra.

En els diversos apartats que conformen el marc teòric a continuació, es discuteix detalladament cadascun d'aquests temes en relació a la literatura existent, amb l'objectiu de fer una fonamentació teòrica d'aquesta tesi.

## 2.1. La pràctica científica a la didàctica de les ciències

### 2.1.1. Introducció: La pràctica científica des de la nostra perspectiva

Al llarg de la història de la didàctica de les ciències s'han discutit i proposat molts enfocaments d'ensenyament i aprenentatge de les ciències. Des d'una visió de l'ensenyament de les ciències per a tots (i no només per a uns quants) que vol aconseguir l'alfabetització científica de la població, al nostre context s'ha anat definint i utilitzant una proposta pròpia: **l'Activitat Científica Escolar (ACE)** (Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, 2005, 2014; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). Aquest model d'ensenyament, centrat en promoure de manera integrada el fer, parlar i pensar "ciència escolar" (la ciència que aprenem a l'escola per fer servir a la vida), ens sembla especialment adequat perquè: 1) és epistemològicament coherent amb la nostra visió de ciència (com a activitat humana de naturalesa teòrica que intervé en el món i vol donar sentit als fenòmens) (Adúriz-Bravo, 2012; Giere, 1988) i 2) perquè ressona amb el model d'aprenentatge que tenim (basat en el marc socio-constructivista) on donem importància a l'activitat cognitivo-discursiva i social a l'aula (Hennessy, 1993).

Des d'aquesta perspectiva ens hem aproximat al marc de la **pràctica científica**, nascut al món anglosaxó però amb importants referents aquí (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012; Jiménez-Aleixandre, 2012a), el qual ens serveix, d'una banda perquè és coherent amb la proposta de l'ACE en els aspectes epistèmics i discursius, i d'altra banda perquè és útil per analitzar i investigar aspectes concrets del procés d'ensenyament-aprenentatge com a activitat científica escolar.

A continuació presentem el marc de la pràctica científica (començant per la pràctica que fan els científics i passant a definir en què consisteix la pràctica científica que volem que facin els alumnes) i justifiquem l'adequació d'aquest marc per a l'ensenyament i aprenentatge de les ciències des de diferents perspectives o dimensions.

### 2.1.2. Les pràctiques de la ciència i de la ciència escolar

#### 2.1.2.1. Les pràctiques de la ciència

"La noció de ciència com un conjunt de pràctiques ha sorgit del treball dels historiadors de la ciència, filòsofs, científics cognitius i sociòlegs durant els últims 40 anys" (Osborne, 2014, pp. 179–180). Partint de les idees post-Kuhnianes sobre la filosofia de la ciència, això implica veure la ciència com una comunitat de professionals implicats en pràctiques específiques i consensuades. En aquest marc, s'utilitza el terme "pràctiques", en lloc d'un terme com "habilitats" o "procediments", per fer èmfasi en que la participació en la recerca científica requereix de la coordinació tant de coneixements com d'habilitats de manera simultània (NRC, 2012).

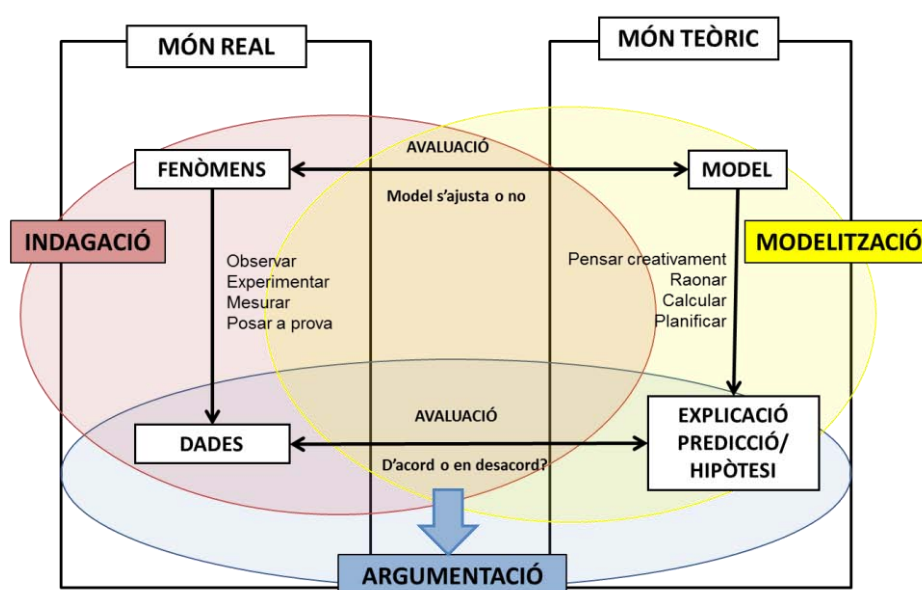
Estem d'acord amb altres autors en definir les pràctiques científiques com els processos de **construcció, avaluació i comunicació** del coneixement científic (Jiménez-Aleixandre, 2012a; NRC, 2007). Altres autors han posat de manifest que diferents grups de filòsofs i de psicòlegs per separat han arribat a conclusions similars, suggerint que el raonament científic té tres esferes d'activitat (Osborne, 2014): l'experimentació, la generació d'hipòtesis i l'avaluació de proves. Des del nostre punt de vista, la classificació de Duschl i Grandy (2012) és clarificadora per a definir quins són els tres processos o dimensions clau de l'activitat científica:

1. Construcció de teories i models (*modelització*),
2. Recollida i anàlisi de dades provinents d'observacions o experiments (*indagació*) i
3. Avaluació de proves i construcció d'arguments (*l'argumentació*).

A més, es pot afegir que aquestes dimensions de l'activitat científica impliquen formes especialitzades de parlar, escriure i representar fenòmens (*comunicació*). Autors com Adúriz-Bravo o Osborne proposen caracteritzacions de l'activitat científica d'acord amb aquesta classificació.

Segons la nova filosofia de la ciència, i més específicament, l'epistemologia de la ciència actual basada en una "visió semàntica" de les teories científiques (Ariza & Adúriz-Bravo, 2012), en la qual s'inclou l'enfocament cognitiu de Ronald Giere a la comprensió dels coneixements científics (Giere, 1988), la relació entre les diferents dimensions de l'activitat científica és bidireccional entre el món teòric (models) i el món real (dades). En aquesta línia, altres autors han explicat que l'activitat científica consisteix fonamentalment en un anar i venir de la teoria a les dades, concretament en "*utilitzar proves per a construir teories, models i mecanismes que expliquin els sistemes naturals, i utilitzar aquestes teories i models per a dissenyar experiments i estudis observacionals que proveeixin proves.*" (Duschl & Grandy, 2012, p. 2130). Aquest model cognitiu de ciència de Giere ens sembla molt adequat perquè "*reuneix coherentment els punts de vista de l'epistemologia, la història de les ciències i la psicologia cognitiva*" (Izquierdo et al., 1999, p. 82).

En base als esquemes de l'activitat científica proposats per Giere (2006) i Osborne (2014), proposem un esquema similar amb l'objectiu de representar, segons el nostre punt de vista, els tres àmbits o dimensions de l'activitat científica (la indagació, la modelització i l'argumentació en ciència) (Veure Figura 2).



**Figura 2:** Esquema de l'activitat científica.

Basat en els diagrames de Giere (2006) i d'Osborne (2014). S'inclouen les tres dimensions de l'activitat científica (indagació, modelització i argumentació), i les principals àrees d'actuació (esferes de color vermell, groc i blau).



Estem d'acord amb Osborne (2014) en que és important entendre com funciona realment l'activitat científica per entendre en què ens pot ajudar per a l'ensenyament de les ciències. En aquest sentit, habitualment la ciència comença amb una pregunta sobre com és la natura. Per tant, una de les pràctiques clau dels científics és fer preguntes. La indagació (part esquerra de la Figura 2) juga un rol central en aquesta fase de generació del coneixement científic (Schwarz & Gwekwerere, 2007), on es porta a terme una investigació en el món natural o s'observa el funcionament d'aquest per intentar respondre a les preguntes proposades. Les observacions realitzades generen una pregunta causal ('per què passa?'), que engega la imaginació creativa dels científics, la construcció de models i la producció d'hipòtesis explicatives. Aquestes accions formen part de l'esfera de la modelització (part dreta de la Figura 2), "*definida com el procés reiteratiu de construcció i refinament de representacions/models dels fenòmens*" (Hestenes 1992, citat per Louca & Zacharia, 2015, p. 192). Per últim, aquestes idees teòriques s'han de posar a prova, per intentar respondre a la pregunta 'com ho sabem?'. L'argumentació (part de baix de la Figura 2) juga un paper clau en la construcció d'explicacions, models i teories, ja que els científics utilitzen arguments per relacionar les proves (seleccionades de les dades obtingudes) amb les afirmacions teòriques a les quals arriben (models construïts) (Sibel Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2007).

D'acord amb la majoria d'autors, però, les tres dimensions clau de l'activitat científica esmentada (modelització, indagació i argumentació) són **interdependents**. Tot i que cadascuna requereix de diferents estratègies i habilitats, les tres dimensions estan totalment interconnectades. De fet, els científics es mouen fàcilment d'una esfera a l'altra, o poden participar en dues o fins i tot les tres activitats alhora (NRC, 2012, p. 146). Per exemple, el plantejament de les preguntes inicials, el disseny d'experiments i la selecció d'unes proves i no unes altres (pròpies de la indagació) ve determinat per les idees teòriques que es tenen (món teòric); la construcció i avaluació de models (modelització) es fa a la llum de les dades obtingudes de la natura (món real), i l'avaluació del grau d'ajust entre dades i models per a la construcció d'arguments (argumentació) es fa constantment quan indaguem i modelitzem, i de fet és allò que engega nous cicles d'indagació i modelització científica.

### 2.1.2.2. Les pràctiques de la ciència escolar

Basat en un creixent cos de literatura (Duschl & Grandy, 2008; Kelly & Chen, 1999; Osborne, 2014; Schwarz et al., 2009; Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008a), els nous canvis curriculars en els EUA (NRC, 2012) han posat l'accent en la idea de les **pràctiques científiques**. Això amplia l'interès de la didàctica de les ciències en el coneixement de continguts (conceptes i procediments) per incloure les principals pràctiques socials, cognitives i discursives que els científics fan servir per investigar, argumentar i construir models i teories sobre el món. Com alguns autors han assenyalat, la importància d'aquest canvi és degut a un canvi d'enfocament didàctic dels productes cap als processos de la ciència (Duschl & Grandy, 2008; Jiménez-Aleixandre, 2012a; Passmore & Svoboda, 2012), relacionat amb l'apreciació de la dimensió epistèmica en l'ensenyament de les ciències (Duschl, 2008b; OECD, 2013; Osborne, 2014; Windschitl et al., 2008b). De fet, "*L'epistemologia contemporània concep la ciència com un fenomen singularment complex, en el qual les facetes de procés i de producte estan íntimament lligades i resulten difícils de separar*" (Adúriz-Bravo, 2008, p. 17).

Ara bé, aquestes pràctiques científiques es poden considerar des de dues perspectives: 1) com un **contingut** més a incorporar (de naturaleses procedimental i epistèmica) i per tant com a objectiu d'aprenentatge en si mateix; i 2) com un **marc metodològic** per a l'ensenyament i aprenentatge de les ciències, i per tant com una proposta didàctica basada en una certa visió de l'aprenentatge en que els coneixements (conceptuals, procedimentals i epistèmics) es poden assolir amb la participació de l'alumnat

en aquestes pràctiques. El marc de la NRC (2012) ho proposa tant com a contingut com a marc d'ensenyament.

Des del punt de vista que les pràctiques científiques com a **contingut**, diferents autors han desenvolupat i definit un seguit de pràctiques científiques que s'haurien de treballar i aprendre a l'aula de ciències (Bybee, 2011; Krajcik & Merritt, 2012; NRC, 2012). Aquestes 8 pràctiques, que es poden considerar com una elaboració en més detall de les dimensions de l'activitat científica presentades anteriorment (indagació, modelització i argumentació), es concreten en:

- Formulació de preguntes (científiques)
- Desenvolupament i ús de models
- Planificació i realització d'investigacions
- Anàlisi i interpretació de dades
- Ús del pensament matemàtic i computacional
- Construcció d'explicacions
- Construcció d'arguments en base a proves
- Obtenció, avaluació i comunicació d'informació.

Tot i l'aparent naturalesa merament procedimental d'aquestes pràctiques, que molt sovint s'han inclòs a la llista dels procediments que els estudiants necessiten dominar, la realitat és que són molt més que tècniques instrumentals i procediments estandarditzats de la ciència. Amb la inclusió d'activitats d'elevada demanda cognitiva i discursiva, com ara l'articulació i l'avaluació dels coneixements; la coordinació entre la teoria i les proves; el donar sentit als patrons obtinguts de les dades; i la construcció d'argumentacions basades en proves i criteris teòrics (Sandoval, Bell, Coleman, Enyedy, & Suthers, 2000), les pràctiques científiques s'han de considerar activitats de caire cognitiu i socio-discursiu (Sibel Erduran & Evagorou, 2012; Grandy & Duschl, 2007), que van més enllà d'un "ensenyament pràctic de la ciència".

En aquest sentit, l'èmfasi de les pràctiques científiques està en fer participar als estudiants de les activitats **cognitives, discursives i socials** de la ciència amb l'objectiu de desenvolupar una manera de fer, raonar i parlar pròpia de la ciència (Kelly & Chen, 1999). És a dir, per desenvolupar un coneixement conceptual, procedimental i epistèmic de la ciència.

Des del punt de vista de les pràctiques científiques com a **marc metodològic o enfocament didàctic** es considera que aquest tipus de contingut, tan profund i que a més involucra coneixements conceptuals, procedimentals i epistèmics, només es pot aprendre participant d'aquestes pràctiques.

Com alguns autors han dit, el terme "pràctica" es pot entendre a tres nivells, i la pràctica científica escolar inclou els tres:

*"La pràctica científica [com a tipus d'ensenyament] implica fer un cosa i aprendre una cosa de tal manera que el fer i l'aprendre en realitat no es poden separar. Per tant, el terme "pràctica"... engloba varies de les diferents definicions del diccionari. Es refereix a fer alguna cosa repetidament per tal d'arribar a ser competent (com quan practiquem un instrument). Es refereix a aprendre una cosa tan profundament i a consciència que es converteix en la pròpia naturalesa (com quan practiquem l'estalvi o l'optimisme). I es refereix a la utilització del propi coneixement per assolir un objectiu (com quan practiquem el dret o la docència)." (Michaels, Shouse, & Schweingruber, 2008, p. 34)*

Des d'aquesta perspectiva, l'ensenyament conceptual o d'idees teòriques no pot anar deslligat de les pràctiques científiques, en primer lloc perquè els dos són objectius didàctics per si mateixos, però sobretot

perquè només participant d'una pràctica científica genuïna podran els alumnes anar construint els coneixements científics que volem que aprenguin, i no simplement ser receptors passius del coneixement científic consensuat.

Un marc metodològic important al nostre context i coherent al marc de la pràctica científica és el de **l'Activitat Científica Escolar** (ACE) (Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, 2005, 2014; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). Aquest enfocament didàctic fa referència a una forma concreta d'introduir la pràctica científica escolar a l'aula, on la modelització hi té un paper clau. En l'ACE l'objectiu principal és aprendre uns models en concret i la forma de fer-ho es amb una instrucció basada en la modelització però que incorpora les altres pràctiques també. Aquesta perspectiva, que guia la nostra recerca, l'anem introduint poc a poc al llarg del marc teòric.

### 2.1.3. Justificacions per incorporar la pràctica científica a l'aula

*“La millor manera d'assolir un coneixement i comprensió de la ciència es mitjançant l'aplicació del nostre coneixement i comprensió sobre com aprenen els humans i una profunda comprensió de la naturalesa de la disciplina.”* (Osborne, 2014, p. 178)

Quan es rastreja a la literatura de didàctica de les ciències l'aparició de la idea d'ensenyament com a participació en les pràctiques científiques, s'observa que aquesta idea es recolza en dues construccions teòriques diferents però interrelacionades entre si, que diferents autors utilitzen per argumentar la seva importància. A part d'aquestes justificacions teòriques, considerem adiem tenir en compte una justificació curricular per incorporar la pràctica científica a l'aula.

Per a alguns autors, l'objectiu principal del foment de la pràctica científica a l'aula és el desenvolupament de la comprensió epistemològica de la ciència (Sibel Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2007; Grandy & Duschl, 2007; Sandoval et al., 2000), amb l'objectiu de superar els mètodes tradicionals que *“gairebé ignoren tant els marcs epistèmics utilitzats en el desenvolupament i l'avaluació dels coneixements científics, com els processos i contextos socials que donen forma a com el coneixement es descobreix, es comunica, es representa, i s'argumenta”* (Grandy & Duschl, 2007, p. 144). Des d'una aproximació no explícita de l'ensenyament de la naturalesa de les ciències (*NOS* per les sigles en anglès de *Nature Of Science*), es considera que la participació de l'alumnat en unes pràctiques científiques escolars anàlogues a les de la ciència pot ajudar a desenvolupar una visió adequada de la mateixa (és a dir, a entendre com el coneixement científic es construeix i avalua) sense haver d'ensenyar explícitament i en abstracte sobre aquests processos. L'argument d'aquests autors és que *“una participació tan directa [de l'alumnat en les pràctiques de la ciència] els hi dona una apreciació sobre la gran varietat d'aproximacions que s'utilitzen per investigar, modelitzar i explicar el món”* (NRC, 2012, p. 42).

El segon argument es basa en les teories sobre com les persones aprenen, relacionades amb el reconeixement de la naturalesa situada i profundament social (d'arrel comunitària) d'aquest aprenentatge (Bransford, Brown, Cocking, Donovan, & Pellegrino, 2000; Engeström, 2001; Hennessy, 1993; Lave, 1996; Wenger, 1998). Des d'aquest marc, s'estableix que els estudiants aprendran millor ciències (tant conceptes i procediments com les seves pràctiques) si participen activa i genuïnament de les pràctiques discursives, cognitives i socials de la ciència, és a dir, pensant i actuant científicament en una comunitat (d'aprenents de ciències) que es dedica a les activitats de creació, avaluació i comunicació dels coneixements científics (escolars) (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; NRC, 2012; Schwarz & Gwekwerere, 2007).

L'últim argument, que rau dels dos anteriors, té a veure amb els objectius curriculars del nostre context. D'una banda, tal i com s'ha reconegut recentment per la OCDE (OECD, 2013), el coneixement epistèmic s'ha

de considerar igual d'important que el coneixement conceptual i procedimental, i no ha de ser entès com el coneixement erudit i filosòfic sobre la naturalesa de la ciència, sinó com la comprensió de que a la ciència es tracta de fer certs tipus de coses (generació d'hipòtesis e inferències, avaluació de models,...) d'una certa manera (Garrido & Simarro, 2014). D'altra banda, tant el marc de PISA com el currículum del nostre país estan d'acord amb que l'objectiu de l'ensenyament de les ciències ha de ser aconseguir l'alfabetització o competència científica dels estudiants, i participar d'aquestes pràctiques (fer aquest tipus de coses) es considera una part fonamental d'aquesta alfabetització i competència. El motiu és que si involucrem als alumnes en unes pràctiques científiques escolars adequades (on hagin de fer, pensar i parlar científicament) podran acabar sent competents científicament (és a dir, ser capaços de pensar i actuar científicament en altres situacions).

### 2.1.3.1. Argument epistèmic

*“Quina classe de ciència s'aprèn si ignorem la seva naturalesa?”* (Pedrinaci, 2012, p. 9).

Sempre hi ha hagut una tensió entre l'èmfasi donat al coneixement dels conceptes científics i les pràctiques científiques (NRC, 2012), ja que si només ens centrem en el contingut, hi ha un risc de donar als estudiants una concepció ingènua de com el coneixement científic es construeix, i la impressió que la ciència és un conjunt de fets aïllats, lleis i teories. Estem d'acord amb altres autors (Duschl & Grandy, 2012) que afirmen que l'ensenyament de les ciències ha de ser més que ensenyar el que sabem. També ha d'ensenyar com sabem el que sabem i perquè creiem que el que sabem és millor que d'altres alternatives (Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez, & Duschl, 2000). Actualment, però, hi ha poques evidències de que l'ensenyament de les ciències estigui aconseguint aquests objectius (Osborne, 2014). Tal i com aquests mateixos autors afirmen: *“Si l'enfocament de l'educació en ciències està en l'acumulació de fets científics i principis heurístics sense necessitat d'utilitzar aquesta informació per proposar explicacions i prediccions i avaluar l'augment del coneixement científic, llavors no està clar com es pot promoure l'aprenentatge dels estudiants sobre la NOS.”* (Duschl & Grandy, 2012, p. 2131). En aquest sentit, la participació en les pràctiques científiques genuïnes pot ajudar a desenvolupar una visió més realista sobre com funciona la ciència (coneixement epistèmic).

El constructe “Naturalesa de les ciències” (NOS, sigles en anglès per *Nature Of Science*) s'ha considerat una fita important a l'aprenentatge de les ciències des de fa aproximadament 100 anys (Central Association of Science and Mathematics Teachers, 1907). No obstant això, la recerca sistemàtica no va començar fins a finals de 1950-principis de 1960. Més recentment, la NOS s'ha considerat com un dels objectius principals de l'educació en molts documents de reformes educatives en ciències arreu del món (Lederman, 2007).

El fet que el coneixement epistèmic sigui un objectiu constant i fins i tot creixent en la didàctica de les ciències segurament té a veure amb el fet que els estudiants (i els ciutadans en general) no posseeixen visions adequades de la naturalesa de la ciència (Lederman & Abell, 2014). De fet, diversos estudis han mostrat que els estudiants de secundària, i també graduats universitaris, encara tenen una **“visió idealitzada i dogmàtica de la ciència, que deformen la seva naturalesa i la seva història en entendre-la com un conjunt de coneixements acabats, resultat de la utilització d'un mètode rígid i infal·libre, que practiquen persones extraordinàries en la soledat del seu laboratori sense veure's afectades per ideologies ni interessos econòmics”** (Pedrinaci, 2012, p. 9). Altres estudis mostren que els infants i adolescents tenen una visió del funcionament de la ciència que normalment tampoc correspon amb el que vol dir realment fer ciència. Pensen que la teoria surt de les dades o que les idees no afecten la interpretació dels experiments, ignorant que la ciència és sobretot idees i no només experimentació (Osborne, 2014). De fet, el llenguatge i la cultura de l'activitat científica *“es basa en certs valors lògics i epistemològics que fan a la ciència diferent*

*d'altres formes de coneixement. [...] La ciència té formes particulars de considerar les proves; de generar, posar a prova i avaluar teories; i de comunicar idees" (Duschl & Osborne, 2002, p. 45), i és important que l'alumnat ho sàpiga.*

Tot i que hi ha un consens sobre la necessitat d'ensenyar sobre la NOS a l'aula de ciències, encara hi ha controvèrsia sobre com ha de ser ensenyada. Quin **enfocament d'ensenyament** és més adequat per a promoure l'aprenentatge sobre NOS? Alguns estudis sostenen que un enfocament **explícit** és molt més eficaç que un enfocament **implícit** (com ara la participació en l'activitat científica) (Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000; Hodson, 2014; Lederman, 2007). Tot i així, estem d'acord amb altres autors (Duschl & Grandy, 2012) que suggereixen que un enfocament més "implícit" (en el qual els estudiants construeixen i refinen pràctiques científiques basades en models, i que no és mai tan implícit) és preferible a un enfocament explícit tradicional (on el professor presenta els principis científics consensuats). Un enfocament explícit no representa una visió acurada de la naturalesa de les ciències, en estereotipar-la, i no està d'acord amb la idea d'aprenentatge com a l'assoliment de la competència científica, en no requerir competència en "fer ciència". La participació en pràctiques científiques (enfocament implícit) pot ajudar a desenvolupar en els alumnes les pràctiques epistèmiques, cognitives i socials tan crítiques dels científics. Tal i com s'afirma en el document curricular principal dels EEUU: "*els estudiants no poden comprendre les pràctiques científiques, ni apreciar plenament la naturalesa del propi coneixement científic, sense experimentar directament aquestes pràctiques per si mateixos*" (NRC, 2012, p. 30). Per tant, l'aprenentatge de la ciència hauria "*d'implicar fer d'aprenent i socialitzar-se en un llegat de coneixements conceptuals i de pràctiques epistèmiques, [...] donant oportunitats perquè els alumnes s'involucrin en les formes de parlar, escoltar i explicar que formen part de la construcció de coneixement de la ciència.*" (Kelly, 2013, p. 1).

Per últim, tot i que l'ensenyament implícit (fent participar als alumnes de les practiques científiques) ens sembla molt més adequat que compartir els principis de funcionament de la ciència de forma declarativa (ensenyament explícit), creiem que de manera integrada amb aquesta participació caldrà també crear les condicions perquè l'alumnat reflexioni sobre el significat d'aquestes pràctiques (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012).

### 2.1.3.2. Argument de les teories socio-culturals de l'aprenentatge

*"L'aprenentatge és un procés d'enculturació o una participació individual en pràctiques socialment organitzades, a través de les quals es desenvolupen coneixements locals especialitzats, rituals, pràctiques i vocabulari" (Hennessy, 1993, pàg. 2).*

En el nostre context, i ja des dels anys 80, les teories socio-culturals de l'aprenentatge han estat donant forma a les nostres idees sobre com aprenem, afirmant que l'aprenentatge està mediat per la cultura i l'entorn social en el qual els aprenents interactuen (Couso, 2009). L'adquisició de coneixement, és a dir, l'aprenentatge, es veu com una participació social, que requereix ser un participant actiu en la pràctica d'una comunitat social en particular (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998). Una comunitat d'aprenents (que no és més que un tipus de comunitat social o de pràctica) té uns objectius, uns valors, unes regles del joc i uns sistemes de creences particulars, i es caracteritza per unes estructures discursives concretes que van més enllà d'un vocabulari determinat: representen una forma de pensar (Rogoff, 1994).

Aquestes idees es basen en la **teoria de l'activitat**, que es va originar a partir del treball dels psicòlegs Vygostky (1978) i especialment Leont'ev, la qual bàsicament estableix que qualsevol activitat humana es un fenomen complex, sistèmic i socio-cultural i històricament situat, que busca aconseguir un objectiu concret, està mediada per uns artefactes (entre els que destaca el llenguatge o discurs) i es dona dins el context (el discurs, valors, regles del joc,...) d'una comunitat de pràctica concreta (Couso, 2009). Així, dins la

perspectiva socio-històrica i cultural es situa l'activitat humana, inclòs l'aprenentatge, en el pla social: *“per Vygostky i seguidors la cognició i l'aprenentatge tenen un origen i una naturalesa social: apareix per primera vegada en un pla social, inter-psicològic, abans de convertir-se en intra-psicològic”* (Wertsch, 1988 citat per Couso, 2009). Aquestes teories van ser posteriorment desenvolupades i introduïdes a la didàctica de les ciències per Driver i altres, aprofundim en la idea que aprenem mitjançant l'ús d'unes eines discursives en les situacions pràctiques d'una comunitat.

Altres autors de l'àmbit de la sociologia han aprofundit en aquesta idea que relaciona comunitat i aprenentatge, considerant que aprendre no es pot desvincular de *pertànyer* a una comunitat (Lave & Wenger, 1991), ja que s'aprèn en *participar* de l'activitat pròpia d'aquella comunitat (Engeström, 2001). En l'àmbit educatiu, les teories de la **cognició situada** aprofundeixen en aquesta idea, donant importància al context d'aula on es desenvolupa l'aprenentatge, entenent-lo com un procés d'enculturació o participació en pràctiques socialment organitzades (Hennessy, 1993). En ciències, això vol dir que s'aprèn ciències participant o involucrant-se en les pràctiques discursives de la ciència.

Així, d'acord amb aquests autors, a l'aula de ciències **el coneixement científic escolar** (els conceptes, procediments i epistemologia de la ciència que s'ensenya i aprèn a l'aula) **és inseparable de l'activitat científica** que s'hi desenvolupi o activitat científica escolar (Izquierdo, 2005, 2014; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). En altres paraules, aprenem de tal manera que *“el fer i l'aprendre no es poden realment separar”* (Michaels et al., 2008, p. 34). Cal aclarir que, tal i com ja hem dit a l'apartat anterior, des del nostre punt de vista el "fer" ciència a l'aula és molt més que la participació en activitats tècniques i instrumentals de la ciència (habilitats, procediments, etc.): "fer" aquí fa referència a la participació dels estudiants en l'activitat genuïna de generar coneixement científic (escolar), en fer, pensar i parlar ciència en context.

L'aprenentatge de les ciències involucra, per tant, no només idees sinó sobretot l'aprenentatge d'unes pràctiques socials i discursives: *“l'aprenentatge es pot definir com la participació en les pràctiques científiques.”* (NRC, 2012, p. 284). Per tant, la participació en pràctiques científiques (o involucrar-se en el raonament científic) dins d'una comunitat d'aprenents de ciències pot ajudar als estudiants a anar assolint una comprensió dels principals continguts tan conceptuals com procedimentals (coneixement conceptual i procedimental) i a aprendre sobre la ciència (coneixement epistèmic), tot fent ciència (escolar): integrant-los tots en participar en les pràctiques cognitives-discursives i socials de la ciència (escolar).

Existeixen algunes crítiques a aquesta idea que mitjançant la participació en les pràctiques científiques els estudiants desenvoluparan de forma integrada el coneixement epistèmic, conceptual i procedimental que els permeti "fer" ciència (escolar) (Hodson, 2014), tenint en compte que els estudiants no poden participar en el mateix *tipus d'activitats* que fan els científics perquè l'activitat científica és massa holística, dinàmica, idiosincràtica, dependent del context i impredecible com per ser directament ensenyada a les escoles.

Òbviament, cal deixar clar que les pràctiques científiques en les quals participen els estudiants no són les mateixes pràctiques dels científics, bàsicament perquè els científics tenen com a objectiu crear nous coneixements, mentre que els estudiants tenen com a objectiu aprendre les grans idees de la ciència que hem seleccionat i transposat o reconstruït didàcticament per ells (Chevallard, 1994; Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek, & Parchmann, 2012), per tal que siguin capaços de trobar sentit al món en què viuen i utilitzar-lo en situacions futures (Osborne, 2014). En aquest sentit, no volem en cap cas que els estudiants aprenguin *“una recepta o un conjunt de processos per ser d'aplicats a totes les situacions”*, com critica Hodson (2014), sinó involucrar als estudiants en activitats discursives i cognitives que són coherents amb (i estan inspirades en) les pràctiques que fan els científics, és a dir, en una activitat científica escolar



(Izquierdo, 2005, 2014). Quan s'involucren activament en les pràctiques científiques escolars, els estudiants "entren en el joc" de la ciència, o en altres paraules, participen en una activitat científica genuïna que, encara que no és la mateixa que l'activitat dels científics, permet desenvolupar criteris i raonaments científics en els estudiants (Merino & Izquierdo, 2011).

### 2.1.3.3. Argument curricular

*"Els estudiants aprenen i demostren un domini de les idees clau involucrant-se en aquestes pràctiques de construcció de coneixement per explicar i prendre decisions informades científicament sobre el món."* (NRC, 2012, p. 254).

Presentar l'ensenyament i aprenentatge de les ciències com la participació en les pràctiques científiques pot semblar un nou paradigma lluny del que actualment s'accepta a la literatura de la didàctica de les ciències i sobretot a la majoria de currículums de ciències d'arreu del món i concretament del nostre país: la idea d'ensenyar per aconseguir l'alfabetització científica. No obstant això, el marc de les pràctiques científiques no només està d'acord amb l'objectiu d'alfabetització científica,

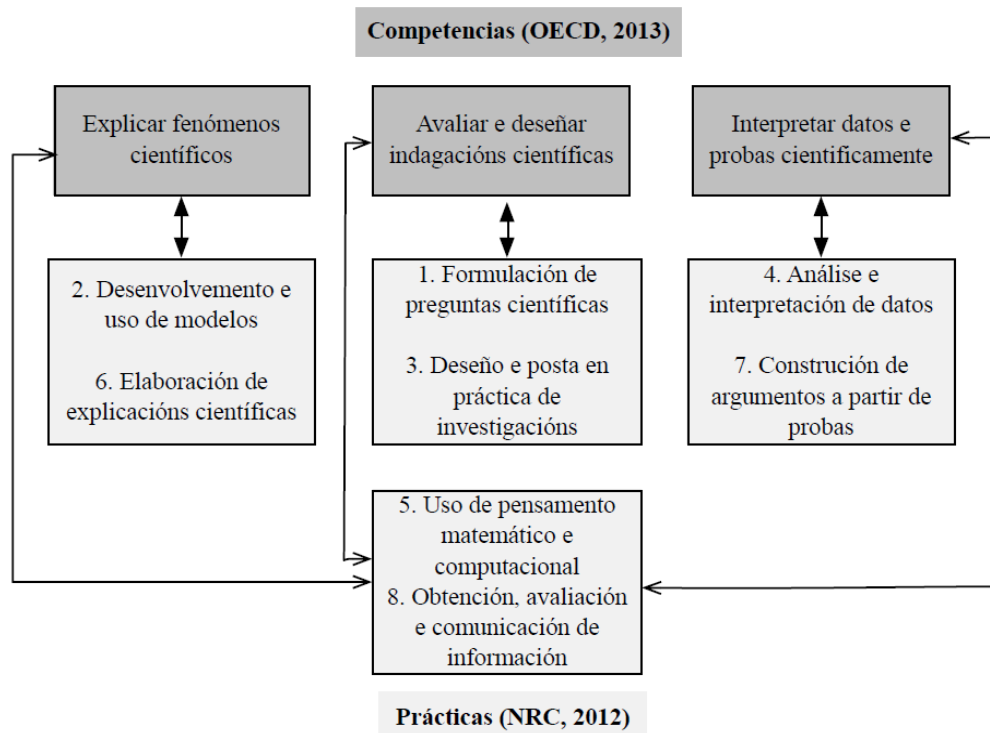
Una forma consensuada d'avaluar l'alfabetització científica dels estudiants es basa en el concepte de competència científica, com s'indica en el conegut marc PISA de l'OCDE (OECD, 2007, 2013). D'acord amb aquest marc, una persona alfabetitzada o competent científicament és aquella que és capaç de pensar científicament: *"integrar-se en un diàleg raonat sobre ciència i tecnologia com a ciutadà reflexiu"* (OECD, 2013). D'acord amb el conegut informe *"Taking Science to School"* (NRC, 2007, p. 28), pensar científicament és qüestió *"d'adquirir estratègies de resolució de problemes que coordinin la teoria i les proves"* i es considera un objectiu important de la recerca i l'educació perquè aquestes estratègies són àmpliament aplicables i transferibles mes enllà de l'àmbit científic. En el marc competencial el pensament científic es relaciona amb el domini de tres competències principals (o dimensions de la competència científica): Explicar fenòmens científicament, avaluar i dissenyar indagacions científiques i interpretar les dades i proves científicament.

Tenint en compte això, creiem que el **desenvolupament de competències comporta la participació en les pràctiques científiques**. O dit d'una altra manera, la participació en aquestes pràctiques socials i anàlogues a les de la comunitat científica implica el desenvolupament de les competències científiques. Fins i tot alguns autors consideren que la capacitat de participar en aquestes pràctiques, més que una habilitat, hauria de considerar-se una competència en si mateixa (Osborne, 2014).

D'acord amb alguns autors (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012), les tres competències es poden relacionar amb les tres dimensions de l'activitat científica:

- Explicar fenòmens científicament: MODELITZAR (construir, revisar i comunicar models)
- Avaluar i dissenyar indagacions científiques: INDAGAR (produir i avaluar la producció de coneixement)
- Interpretar dades i proves científicament: ARGUMENTAR (avaluar coneixement basant-se en proves) i comunicar.

Aquests mateixos autors (Crujeiras, 2014) directament relacionen les vuit pràctiques científiques proposades per la NRC (NRC, 2012) amb les tres competències científiques proposades per l'últim document de la OCDE (OECD, 2013).



**Figura 3:** Relació entre les competències científiques i les pràctiques científiques. Publicada per Crujeiras (2014).

El marc competencial de la OCDE (2013) i el marc de les pràctiques científiques (NRC, 2012) també tenen en comú la importància donada a promoure i distingir tres tipus de coneixement: el coneixement conceptual, el coneixement procedimental i el coneixement epistèmic que consideren imprescindibles per l'alfabetització científica.

El **coneixement conceptual** és el coneixement dels conceptes i les teories de la ciència. El **coneixement procedimental** es refereix a les tècniques i mètodes que utilitzen els científics per obtenir dades i assegurar-se que són vàlides i fiables, incloent des de tècniques senzilles fins a constructes sofisticats com els anomenats "conceptes relacionats amb les proves" (o "*concepts of evidence*" en anglès) (Gott & Roberts, 2008). El **coneixement epistèmic** és el coneixement sobre la naturalesa de la ciència i els seus constructes i valors intrínsecs; és a dir, la comprensió del que s'entén, per exemple, per una hipòtesi, una inferència o un model (NRC, 2012, p. 78).

La importància d'aquests coneixements pels nostres estudiants rau en que: "*Els científics i els professors de ciències estan d'acord en que aquest tipus d'habilitats i coneixements són essencials per a tots els ciutadans.*" (Schwarz & Gwekwerere, 2007). Per tant, l'objectiu de participar de les pràctiques científiques és "*desenvolupar el coneixement i la comprensió [tant conceptuals com epistèmics i procedimentals] requerits per a aquella pràctica, com aquella pràctica contribueix a com sabem allò que sabem, i com la pràctica ens ajuda a construir coneixement fiable.*" (Osborne, 2014, p. 189).

Una diferència significativa entre els dos marcs, però, és la naturalesa d'ambdues propostes. El marc de la competència científica defineix bàsicament on volem arribar en l'educació científica i per tant fa referència a l'objectiu d'aprenentatge final que ens proposem independentment de com l'assolim. Així, a la literatura hi ha múltiples enfocaments didàctics orientats a la competència científica, com ABP (Aprentatge Basat en Problemes), IBSE (*Inquiry-Based Science Education*), etc. El marc de la pràctica científica fa referència també a l'objectiu d'aprenentatge, redefinint què vol dir ser competent científicament: ser capaç de



participar adequadament en les pràctiques cognitives-discursives de la ciència. Aquest marc, però, inclou també una visió de com volem arribar-hi o enfocament didàctic. Des de la perspectiva de la pràctica científica només podem arribar a ser competents en la pràctica de la ciència tot “practicant” de primera mà, i de forma genuïna i en context, les pràctiques de la ciència a l’aula. Aquesta proposta didàctica, inherent al marc de la pràctica científica, parteix d’entendre l’aprenentatge com a “formació d’un aprenent” (“*learning as apprenticeship*” en anglès) en una certa comunitat de pràctica i és coherent amb les teories d’aprenentatge abans presentades.

El concepte clau per relacionar ambdues propostes és la qualitat de la **participació** en les pràctiques científiques. Es a dir, el fet que si els estudiants desenvolupen la capacitat de participar amb sentit en unes pràctiques científiques, podran utilitzar més competentment tant les idees, conceptes i teories de la ciència escolar, com els seus procediments i mètodes (coneixements conceptual i procedimental). De fet, la recerca ja ha establert que aquesta participació en pràctiques cognitives, socials i discursives anàlogues a les dels científics promou una major apreciació de la fonamentació epistemològica de la ciència (Sibel Erduran & Evagorou, 2012). En el marc de la pràctica científica es considera que aquesta participació fa que l’aprenentatge dels estudiants tingui més sentit i s’arrelhi més profundament en la seva visió del món (NRC, 2012), la qual cosa hauria d’afavorir l’assoliment de la competència científica dels estudiants.

De fet, a les Orientacions per al desplegament del currículum de ciències de la naturalesa a l’educació secundària, publicat pel departament d’Educació de Catalunya (DGEBiB, 2009) es ressalta clarament la importància **d’integrar la pràctica i la teoria** a l’aula de ciències per donar sentit al coneixement científic:

*“El llenguatge científic escolar [i l’activitat científica escolar] ha de relacionar el ‘fer’ i el ‘pensar’; ha de ser alhora ‘acció’ i ‘teoria’, i als alumnes només els servirà per aprendre si tot allò que es fa, es parla, s’escriu, es llegeix o es pensa a la classe de ciències, pot arribar a tenir sentit per a ells i elles. No n’hi ha prou, per tant, de donar a conèixer termes científics mitjançant definicions, ni de fer repetir explicacions teòriques sobre com és el món i com funciona. Les “entitats” científiques, les teories i les fórmules es generen segons un objectiu: explicar algun fenomen, predir què pot passar, controlar i millorar un procés, etc.” (DGEBiB, 2009, p. 38).*

A les recomanacions que fan els marcs curriculars d’altres països com el d’EEUU (NRC, 2012), es fa èmfasi en la mateixa idea, ressaltant a més la importància de la pràctica científica per aconseguir un aprenentatge significatiu dels conceptes o idees clau i en última instància, per assolir la competència científica dels estudiants:

*“L’aprenentatge es defineix com la combinació tant del coneixement com de la pràctica, que no separa els objectius conceptuals dels procedimentals: Les idees clau [...] són considerades no com a explicacions per ser consumides pels aprenents. La competència combina idees clau amb pràctiques. Les pràctiques inclouen diversos mètodes per generar i utilitzar proves per desenvolupar, refinar i aplicar explicacions científiques que donin compte dels fenòmens científics. Els estudiants aprenen i demostren un domini de les idees clau involucrant-se en aquestes pràctiques de construcció de coneixement per explicar i prendre decisions informades científicament sobre el món.” (NRC, 2012, p. 254).*

Per últim, cal mencionar que, des de la perspectiva de la **recerca**, també hi ha diferències importants entre les recerques orientades pel marc de la competència científica i aquelles que ho fan des de les pràctiques. Les recerques en l’àmbit de la pràctica científica són necessàriament distintives a nivell metodològic i suposen un canvi significatiu en allò que s’investiga en didàctica de les ciències i en com es fa (Jiménez-

Aleixandre, 2012b; Kelly & Chen, 1999). Per donar compte de les pràctiques científiques dels alumnes, és necessari investigar allò que passa “durant” la pràctica, i no només a les produccions finals dels alumnes. Això de nou distingeix els marcs competencial i de la pràctica científica: mentre que per establir el nivell de competència s’investiga el final del procés d’aprenentatge, per establir quines són i com evolucionen les pràctiques dels alumnes s’ha d’investigar durant aquest procés.

## 2.2. Els models a la didàctica de les ciències

*“Si atenem a les revisions dels articles publicats en les principals revistes especialitzades en didàctica de les ciències (Lee i altres 2009, Lin i altres 2014), el tema de “models”, “modelització”, se situa entre els primers, per ordre de freqüències, en els últims anys.” (Gutierrez, 2014, p. 39)*

### 2.2.1. Introducció: Els models des de la nostra perspectiva

Molt autors ressalten la importància de l’ús de models en l’ensenyament de les ciències (Adúriz-bravo & Izquierdo-aymerich, 2009; Clement, 2008a; Gilbert, 2004; Halloun, 2004; Izquierdo, 2007; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; López-Mota & Moreno-Arcuri, 2014). Ara bé, no tothom entén el mateix per “model”, “model científic” o “model científic escolar” (és a dir, aquell que volem ensenyar a l’aula).

Des de la nostra perspectiva, basada en la proposta i treball del grup de didàctica de les ciències de la UAB (Izquierdo et al., 1999), creiem que els continguts conceptuals de ciències que han d’aprendre els alumnes no han de ser qualsevol tipus de conceptes desconnectats i compartimentats, sinó uns pocs i grans Models Científics Escolars (MCE) anàlegs als de la ciència i que permetin als alumnes predir i explicar gran quantitat de fenòmens, com ara el model matèria-partícula, el model newtonià de forces o el model d’ésser viu (Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, 2014; Sanmartí, 2002a).

A continuació presentem el marc dels models científics, començant definint el terme general i a continuació els Models Científics Escolars (MCE) i els models mentals, així com quins són concretament aquests MCE que volem ensenyar. Finalment, justifiquem l’adequació d’aquest marc per a l’ensenyament i aprenentatge de les ciències des de diferents perspectives o dimensions.

### 2.2.2. Els models científics i els models científics escolars

*“¿Què són les teories científiques? [...] no són fórmules ni termes incomprensibles. Son conjunts de models que son similars entre ells i que, cadascun, es relaciona amb grups de fenòmens que també són similars, en ser ‘mirats’ des d’un mateix enfocament.” (Izquierdo, 2007, p. 131).*

#### 2.2.2.1. Els models científics

La conceptualització de la idea de model existeix des de principis del segle XX, però no és fins a la dècada dels 70 i 80, amb la recent i actual **concepció semàntica de les teories científiques**, que els models comencen a ser considerats el tipus de representació científica més fonamental i per tant central en les anàlisis epistemològiques de la ciència (Adúriz-Bravo, 2012). És a partir d’aquest moment que s’inicia un creixent interès sobre els models en la didàctica de les ciències (Gutierrez, 2014).

Les nocions de model científic i modelització científica porten molt de temps presents, de manera implícita o “latent”, en l’ensenyament de les ciències a tots els nivells educatius (Adúriz-Bravo, 2012). Ara bé, és només a partir de la dècada dels 90 quan aquest terme s’ha començat a utilitzar de manera més explícita i generalitzada tant en la investigació en didàctica de les ciències com en l’ensenyament de les ciències. En concret, el tema de “models” i “modelització” apareix explícitament (i tímidament) per primer cop a finals

de la dècada dels 80 i principis dels 90 (Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1991; Hestenes, 1987), però no té una veritable importància fins a la publicació del llibre *Developing models in Science Education* (Gilbert & Boulter, 2000) i el número monogràfic del *International Journal of Science Education* -22 (9)-, del mateix any, sobre modelització i aprenentatge. A partir de llavors es produeix un esclat de publicacions sobre el tema, impulsat, segurament, per la publicació d'un altre monogràfic l'any 2007 a la revista *Science & Education* -16 (7-8) (Gutierrez, 2014).

Les revisions de la literatura recent sobre models (Gutierrez, 2014; Oh & Oh, 2011) coincideixen en la gran **polisèmia** que existeix entorn el terme model<sup>4</sup>, on cada autor el defineix i/o l'utilitza de manera diferent. Aquesta falta de clarificació en la terminologia fa que el tractament que se li dona als models en l'àmbit segueixi sent confús (Justi & Gilbert, 2003). La revisió de Oh i Oh (2011) resumeix les diferents visions trobades en una gran varietat de treballs analitzats i proposa una possible definició comuna a totes. Segons aquests autors i fent referència a la definició general de Gilbert & Boulter (2000), un model es pot definir com una **“representació d'objectes, fenòmens, processos, idees i/o els seus sistemes”** (Oh & Oh, 2011, p. 1113).

La definició general presentada, en la seva voluntat integradora, engloba models de molt diverses naturaleses ontològiques i amb funcions molt diferents. Aquestes dues variables, naturalesa i funcionalitat, generen gran controvèrsia en la literatura. Per exemple, una definició quasi antagònica a la que utilitzarem en aquesta tesi podria ser la Rapp i Sengupta: **“els models són representacions físiques, computacionals o mentals que tenen la intenció de representar/reemplaçar una altra cosa, grup de coses o fenòmens.”** (Rapp & Sengupta, 2012, p. 2321). En aquesta definició els autors inclouen models de naturalesa tan física com mental, i els confereixen la funció principal de representar i/o reemplaçar els originals. Des de la nostra perspectiva, per l'ensenyament i aprenentatge de les ciències no seria útil aquest tipus de definició, ja que des d'aquesta visió es podria considerar que un plànol, una simulació o una maqueta és un model en si mateix. D'aquí prové la importància de distingir entre models de diversa naturalesa (teòrica o física) i amb diverses funcionalitats (explicativa, predictiva, reemplaçativa,...).

Des de la nostra perspectiva, per la didàctica de les ciències el tipus de models que tenen interès són primordialment els que pertanyen al món de les idees i tenen naturalesa teòrica i/o conceptual (Glynn & Duit, 1996; Greca & Moreira, 2000), de vegades anomenats simplement **models científics**. Malauradament, si analitzem les definicions que existeixen de **model científic (o model teòric o conceptual)** també trobem una gran polisèmia. Alguns autors com Oh i Oh (2011), Gutierrez (2014) o Erduran (2007) han fet revisions de la literatura sobre models de les quals han extret quins són els **aspectes consensuats sobre què és un model científic**. Segons aquests autors, en primer lloc, un model científic es pot considerar un **pont** que connecta una teoria i un fenomen, i que serveix per **descriure, explicar i predir** fenòmens naturals, així com per comunicar idees científiques. A més, aquests autors destaquen una altra característica dels models científics, i és que només reflecteixen un aspecte específic d'un sistema del món real, amb un **grau d'ajust limitat** (és a dir, no són aplicables a tots els fenòmens ni en tots els contextos), i per tant es poden modificar i no s'han de considerar com a veritats literals (Gutierrez, 2014).

Tot i que s'ha trobat un consens sobre la funcionalitat i les característiques dels models científics (connecten teoria i fenòmens, serveixen per predir i explicar fenòmens naturals, tenen un grau d'ajust limitat), la seva ontologia (és a dir, què són en essència aquests models) no està tan clara. De la mateixa manera que passava amb el terme general “model”, quan es parla del concepte de “model científic o

---

<sup>4</sup> Per evitar possibles confusions amb el terme “model” i aclarir-nos en aquesta polisèmia, en el nostre treball sempre intentarem determinar el tipus de model al qual ens estem referint, utilitzant sempre la mateixa “etiqueta”. L'explicació de cada etiqueta que posem a cada tipus de model és el que presentem al llarg de la secció.

conceptual” és molt comú que els autors, tot i deixar clara la funció explicativa i predictiva d’aquests, donin èmfasi (de manera explícita o implícita) a la **idea de model científic com a representació física o computacional** (Greca & Moreira, 2000; Krajcik & Merritt, 2012; Louca & Zacharia, 2015; Ornek, 2008; Rapp & Sengupta, 2012), tot confonent el model amb les seves expressions. Alguns exemples de definicions en aquesta línia serien:

*“Els models científics en particular són eines per expressar teories científiques de tal manera que poden ser directament manipulables, permetent la descripció, predicció i explicació”* (Rapp & Sengupta, 2012, p. 2321).

*“Els models són representacions externes dels conceptes mentals. Els models poden incloure diagrames, les estructures físiques tridimensionals, simulacions per ordinador, fórmules matemàtiques i analogies.”* (Krajcik & Merritt, 2012, p. 38)

És a dir, aquests autors entenen un model científic més com un conjunt de representacions físiques i manipulables (com per exemple maquetes, dibuixos, objectes materials, simulacions, etc.) que com les idees teòriques subjacents a aquestes representacions.

Degut a aquest ús tan divers del terme model científic (que pot portar a moltes confusions, tant a investigadors com a formadors i professors), estem d’acord amb Adúriz-Bravo (2012) que és necessari, en didàctica de les ciències, aclarir la naturalesa ontològica dels models (és a dir, què és en essència un model científic). En aquest sentit, ens sembla una definició altament clarificadora la de Adúriz-Bravo, basada en el treball de Giere, que considera que: *“Un model científic és una entitat no lingüística abstracta caracteritzada a través d’una sèrie d’enunciats simbòlics, que són de variades classes: lleis, principis, definicions, equacions, analogies, metàfores, imatges, maquetes.”* (Adúriz-Bravo, 2008, p. 18). O dit d’una altra forma, el model científic fa referència a les “regles del joc” abstractes o idees que utilitzem per explicar els fenòmens que el model modelitza (per exemple les “regles” del canvi químic o del moviment planetari), i no seria l’expressió concreta de les mateixes (per exemple el redactat “la massa es conserva en el canvi químic” o el dibuix de les òrbites dels planetes), tot i que aquestes expressions el caracteritzen. De fet, algunes d’aquestes expressions (particularment les lingüístiques) son privilegiades i es confonen sovint amb el model, perquè pensem en el model majoritàriament usant aquesta expressió (per exemple, considerem que el model de canvi químic és un conjunt d’enunciats com ara “la massa es conserva” o pensem en el model d’àtom de Bohr visualitzant la seva expressió gràfica). Tot això passa perquè els humans pensem necessàriament utilitzant el llenguatge.

Aprofundint encara més en la naturalesa ontològica dels models, aquestes “regles del joc” del model no poden ser qualsevols i haurien de fer referència com a mínim a les entitats del model i al seu comportament. Així, segons la definició de Gutierrez (2014) (basant-se en la definició de Bunge (1973)), els constituents ontològics d’un model científic són un **conjunt d’entitats (model objecte)** amb les seves propietats especificades, i un **conjunt d’enunciats** legals, relatius als comportaments de les entitats considerades en el model objecte.

En consonància amb aquestes dificultats i per ser coherents amb la nostra definició, en aquesta tesi quan parlem de models científics, escolars o no, ens estarem sempre referint a models de naturalesa conceptual (ho explicitem o no), i només aclarirem quan aquests models no ho siguin (per exemple, direm el model expressat dels alumnes per referir-nos als seus dibuixos). D’altra banda, quan necessitem una expressió privilegiada del model científic en qüestió (per determinar una versió del model científic escolar que volem que s’apregui a l’aula), en redactarem les “idees clau” del model, que seran una expressió del mateix que

farà referència a les entitats del model i el comportament de les mateixes en el model en forma d'enunciats.

Per últim, cal tenir en compte que des d'una visió cognitiva de la ciència relacionada amb la **concepció semàntica** de les teories (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003), marc en el qual ens situem, el més rellevant d'un model científic és la seva **funció explicativa i predictiva**. Aquesta funció es reflecteix en l'estructura i funcionament dels models i en la seva capacitat de donar compte dels comportaments del sistema (Gutierrez, 2014), de manera més descriptiva o més interpretativa, com ja explicarem a l'apartat següent de "Els MCE (Models Científics Escolars)". De fet, Giere deixa clar "Allò que és especial dels models és que estan dissenyats de manera que els elements del model es poden identificar amb aspectes del món real. Això és el que fa possible utilitzar els models per representar aspectes del món." (Giere, 2004, p. 747), i afirma que els models científics són objectes abstractes específics que afegeixen als principis teòrics (teoria) unes condicions específiques; condicions que serveixen per fer afirmacions empíriques del món real.

Des d'un punt de vista més pràctic i aplicable a la didàctica de les ciències, estem d'acord amb Izquierdo i altres quan afirma que "La teoria només és vàlida si té significat i és útil per interpretar fenòmens" (Izquierdo et al., 1999, p. 83), és a dir, que una teoria científica només té sentit si la considerem com un conjunt de models que expliquen un grup de fenòmens des d'una mateixa perspectiva o "manera de mirar" (Izquierdo, 2007). En aquest sentit, és molt important la definició de fenomen paradigmàtic, com un cas especialment interessant d'aplicació del model que suggereix la forma de mirar del mateix, tal i com explicarem més en avant.

#### 2.2.2.2. Els MCE (Models Científics Escolars)

Si volem que els nostres alumnes aprenguin uns continguts conceptuals en ciències que estiguin d'acord amb el coneixement i els models consensuats per la comunitat científica, caldrà que aquests continguts escolars estiguin d'acord amb aquests models científics.

Ara bé, els alumnes no poden conèixer tot el que es sap de ciències, ni és desitjable ni necessari que ho sàpiguen tot. Llavors, quins continguts científics (models científics) s'haurien de treballar a l'aula i de quina manera? La Didàctica de les ciències és la disciplina que intenta respondre a aquesta pregunta (entre d'altres), mitjançant la integració del coneixement disciplinar (científic) i el coneixement educatiu o pedagògic (Niebert & Gropengießer, 2013). Concretament, per respondre a aquesta pregunta, el que es fa des de la didàctica de les ciències és una **transposició didàctica**, és a dir, una reconstrucció didàctica del contingut científic per tal de ser ensenyat tenint en compte la perspectiva educativa (Duit et al., 2012; Hernández & Pintó, 2016). Per mitjà d'una transposició didàctica se seleccionen, reconstrueixen i transposen els continguts científics per determinar allò que volem que aprenguin els alumnes a l'aula de ciències. En aquest cas, doncs, s'ha de fer una transposició didàctica d'uns *Models científics* en un constructe didàctic equivalent però genuí: els **Models científics escolars (MCE)**, (Adúriz-Bravo, 2012; Izquierdo et al., 1999; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Sanmartí, 2002a). Aquests MCE hauran d'estar d'acord no només amb els models científics, sinó també amb les finalitats educatives, el currículum i les dificultats i capacitats dels estudiants, entre altres variables didàctiques.

Tenint en compte aquesta definició, és obvi que aquests MCE **no són iguals als dels científics**, ni en contingut ni en llenguatge. Tampoc en són una versió incompleta o simplificada dels mateixos. Els MCE són anàlegs als models científics, en el fet que retenen un poder explicatiu similar "que els permetrà evolucionar per correlacionar, en el futur, més fets experimentals, expressats en un llenguatge més abstracte" (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003, p. 8) però estan adaptats a les necessitats

d'aprenentatge dels alumnes. De fet, molt del contingut o les idees que inclouen aquests MCE és tan bàsic i conegut pels experts que els donen per fet i no creuen que s'hagin d'ensenyar, i quan no es fa els alumnes van trastejant com poden fins que *“redescobreixen aquests continguts bàsics per ells sols, o més probablement, desenvolupen alternatives inferiors per fer front a les seves dificultats.”* (Hestenes, 1987, p. 441). Per tant, aquesta transposició didàctica per definir uns MCE adequats a cada nivell d'escolaritat no és un procés trivial ni fàcil, sinó que requereix d'un coneixement tant del contingut científic específic de la disciplina com un gran coneixement didàctic d'aquest contingut (Mellado, 1994).

Aquests MCE, considerats un objectiu d'aprenentatge des de la didàctica de les ciències, comparteixen alguns aspectes clau amb els models científics: tenen un **caràcter i naturalesa teòrica** (que inclou moltes representacions) (Glynn & Duit, 1996), fan referència a una **forma de mirar** els fenòmens que relaciona entitats amb el seu comportament (conjunt d'entitats amb els seus enunciat) i **s'expressen de manera diversa** (esquemes, dibuixos, idees clau...). Es a dir, engloben tot allò que volem que l'alumne aprengui d'una certa “forma de mirar el món” de manera que li permeti **predir i explicar** (al nivell que volem) els fenòmens que tractem a l'aula.

En consonància amb la nostre visió dels models científics, considerem que a l'escola, independentment que es puguin (i s'hagin) d'utilitzar diferents constructes per aprendre els MCE (analogies, maquetes, esquemes, fórmules, etc.), el més important és el model mental que tingui l'alumne (del fenomen, objecte, etc.) i allà on volem que arribi l'alumne (la versió concreta del MCE pel seu nivell). Els **constructes** (analogies, maquetes, etc.) que utilitzem com a docents són suports per arribar a compartir amb els alumnes les regles del joc del MCE, però no és on volem arribar. És a dir, no volem que els alumnes aprenguin, per exemple, la maqueta del sistema solar, sinó que manipulant, discutint i pensant amb la maqueta del sistema solar aprenguin les **regles del joc** del sistema solar. El que hagin entès d'aquestes regles del joc, però, els alumnes ho hauran d'expressar en forma de dibuixos, equacions o enunciat. Per tant, les maquetes o dibuixos no són més que una manera d'expressar els models científics conceptuals que intervenen en ensenyar i aprendre ciències, siguin els escolars objecte d'aprenentatge o els mentals dels alumnes al llarg del procés, però són necessàries i molt importants per poder compartir aquests models.

Des del nostre punt de vista, de totes les expressions del MCE possibles nosaltres considerem, per diversos motius, que una **expressió privilegiada del MCE són les “idees del model”**. Aquestes idees són un conjunt de frases o enunciat que verbalitzen una versió de les regles del joc del MCE i que prendran sentit pels alumnes a través de l'experimentació (Izquierdo et al., 1999). A aquestes idees els hi donem un pes o paper referencial a l'hora de definir el MCE i una importància privilegiada en el disseny i implementació de seqüències d'ensenyament-aprenentatge, ja que les considerem l'expressió més útil didàcticament. Com ja he mencionat, aquestes idees són coherents amb la definició ontològica de models: inclouen tant el conjunt d'entitats (i propietats d'aquestes), com els enunciat dels comportaments de les entitats (és a dir, les lleis o regles del joc). Tot i que considerar el MCE com a un llistat d'idees té certes limitacions perquè no es captura tot allò que engloba un model (com, per exemple, un fet paradigmàtic, que interpretat teòricament pot ser considerat un model en si mateix) (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003), aquesta expressió privilegiada del MCE en unes idees clau ens ajuda a explicitar i comunicar de manera clara i didàctica l'objectiu d'aprenentatge: quines són cada una de les idees importants de la versió del model teòric que volem que tinguin els alumnes, és a dir, allò que haurien de saber, entendre, recordar o aplicar. En aquest sentit estem d'acord amb Adúriz-Bravo quan parla sobre la importància de donar significat a l'aula de ciències mitjançant la comprensió de fenòmens a través d'unides teòriques (models):

*“La concepció semàntica dels models obre possibilitats per a treballar a les aules de ciències en les quals s'elimini la pesada càrrega imposada pels ‘formalismes’ (que tradicionalment s'havien de seguir al peu*



*de la lletra a les classes de ciències). Ara, no seria tan important ensenyar a com reproduir i manipular afirmacions proposicionals compactes (per exemple, 'F = m.a'); el focus es desplaçaria a comprendre certs fenòmens clau (una poma caient d'un arbre, un llum balancejant-se, un monopati detenint-se, dues boles de billar xocant, etc.) que poden ser representats amb unes idees teòriques (és a dir, idees abstractes, generals, explicatives i fructíferes). Això ajudaria a portar el requisit semàntic a l'ensenyament de les ciències, en el qual els models tenen sentit per als seus usuaris, en aquest cas, els estudiants." (Adúriz-Bravo, 2012, p. 1605).*

Les idees del model donen lloc al **MCE apropiat** o desitjable, que no és més que el conjunt d'aquestes idees del MCE re-formulades en un enunciat que les integra totes, i que vindria a ser allò que voldríem que els alumnes utilitzin per poder predir i explicar un conjunt de fenòmens. Entenem com a "apropiat" no amb el sentit de "correcte" sinó com l'adequat o convenient per a un grup, edat o nivell determinat, i seria equivalent al terme anglosaxó "*target model*" o model d'arribada.

Des del nostre punt de vista, els MCE apropiats (models escolars explicatius de fenòmens científics que volem que utilitzin els alumnes en un nivell determinat) no són tots iguals, sinó que podríem classificar-los en dos tipus segons el nivell o la capacitat explicativa que tenen: en models descriptius i en models explicatius.

D'una banda, hi ha un tipus de models de **caràcter més descriptiu o empíric**, que estan fonamentats o basats en les propietats observables i mesurables dels fenòmens, i per tant permeten realitzar prediccions i explicacions en termes de propietats. Es a dir, és un model que permet explicar i predir fenòmens de la natura però ho fa de forma descriptiva. Un exemple d'aquest tipus de MCE apropiat és el model de flotació en termes de densitat ("la flotabilitat d'un objecte s'explica per la seva densitat en relació a la del fluid en el qual es troba: si és major que la del fluid, s'enfonsarà; si és menor, surarà"). Aquest model ens explica per què un objecte sura o s'enfonsa en termes de quina propietat determina la flotació i ens permet predir noves situacions i saber si un objecte surarà o s'enfonsarà. Per això, altres autors els han anomenat també models *operatius* (Sanmartí, 2002a). Tanmateix, aquest model no ens explica interpretativament (per exemple, en termes causals) per què un objecte amb menor densitat que el fluid flota. Si volem respondre a aquesta pregunta, hem de buscar un model que "expliqui" més.

Els **models de caràcter interpretatiu o teòric** ens permeten explicar de forma interpretativa, amb més profunditat, i per tant, entendre millor el fenomen. Estan fonamentats en la teoria i no tant en les propietats observables – de fet, alguns autors també els han anomenat models *abstractes* (Sanmartí, 2002a) – i busquen no només respondre a la pregunta de per què passen les coses ("per què s'enfonsa un objecte?") sinó al perquè del perquè ("per què un objecte més dens que un fluid s'enfonsa?"). El MCE apropiat interpretatiu paral·lel a l'exemple anterior seria el model de flotació en termes de forces ("la flotabilitat és una situació d'equilibri entre dues forces, el pes de l'objecte que depèn de la seva massa, i la força d'empenta, que depèn del volum submergit i és equivalent al pes de l'aigua desplaçada").

Molt semblant als nostres MCE interpretatius són el que altres autors han anomenat models causals, o "*models que inclouen les representacions dels mecanismes subjacents que causen el comportament dels fenòmens físics*" (Lesh i Doerr, citat per Louca et al., 2011, p. 921). En el nostre cas, els models interpretatius que proposem son mes amplis que aquests, ja que poden ser també multicausals, per exemple.

Algú podria pensar que els models descriptius són poc necessaris o útils per no explicar tant com els models interpretatius, però certament els models descriptius ens permeten explicar molts fenòmens d'una manera molt útil i pràctica per a modificar el nostre entorn (per exemple, els enginyers utilitzen bàsicament models

descriptius per actuar). A més, per poder arribar a un model interpretatiu necessitem del model descriptiu, i al final els dos s'integren (o s'haurien d'integrar) per poder entendre millor els fenòmens (per exemple, per entendre per què sura un objecte farem ús del model de flotació en termes de densitat i en termes de forces). De fet, tal com indiquen altres autors (Smith, Wisner, Anderson, & Krajcik, 2006), els models que anomenem descriptius són necessaris a l'aula i seran els primers que haurem de promoure a les etapes inicials de l'escolarització, i per tant a l'educació primària. Tot i així, no podem quedar-nos treballant a l'aula de ciències només a nivell descriptiu, ja que si ho fem, ens estarem oblidant d'un aspecte o component fonamental de la ciència: la recerca i construcció d'explicacions teòriques (o "motius") més profunds i no directament observables.

### 2.2.2.3. Els Models mentals (MM)

Quan interaccionem amb l'entorn i amb els altres, les persones ens formem uns models mentals interns sobre nosaltres i sobre les coses amb les quals interaccionem. Aquests models intuïtius ens donen una capacitat predictiva i explicativa que ens ajuda a entendre les diferents interaccions i també a actuar en el món de manera útil (Norman, 1983).

Alguns autors de l'àmbit de **Models Mentals (MM)** parlen de les característiques que tenen aquests models i les estratègies i regulacions que se'n fan (DiSessa, 1988; Gutierrez & Pinto, 2010; Gutierrez, 2005; Hrepic, 2000; Johnson-Laird, 1983; Norman, 1983; Vosniadou & Brewer, 1992). Sense entrar en el debat que existeix entorn alguns detalls dels models mentals, i en particular de la seva naturalesa situada o no, els diferents autors coincideixen que els MM de les persones reflecteixen les seves creences sobre un sistema (incloent el grau d'incertesa que tenen d'aquell coneixement), i que existeix una correspondència entre el MM construït i el món real al qual aquest model fa referència. Aquests autors també consideren que els MM són dinàmics, inestables, incomplets, sense límits clars i que evolucionen permanentment en interactuar amb el context. El més important és que els MM no tenen per què ser acurats, però sí funcionals. És a dir, les persones utilitzen els MM adequadament en els contextos on ens desenvolupem i a través de la interacció amb el sistema, anem modificant el nostre MM fins a obtenir un resultat que funcioni (Gutierrez, 2014; Norman, 1983).

En definitiva, podem dir que els MM són *"allò que les persones realment tenim al cap i que guia l'ús que fem de les coses"* (Norman, 1983, p. 12). En aquest sentit, en aquesta tesi ens interessa quin MM tenen els alumnes i com es modifica aquest MM. En particular, en el nostre cas ens interessa el constructe de model mental en quant allò que té al cap l'alumne en un moment determinat respecte el MCE i que volem fer evolucionar cap al MCE. Per tant, en aquesta tesi assimilem MM a aquelles idees que tenen els alumnes en relació al MCE en el context en el qual es troben, o dit d'una altra manera, a les versions mentals dels MCE que tenen els alumnes en cada moment.

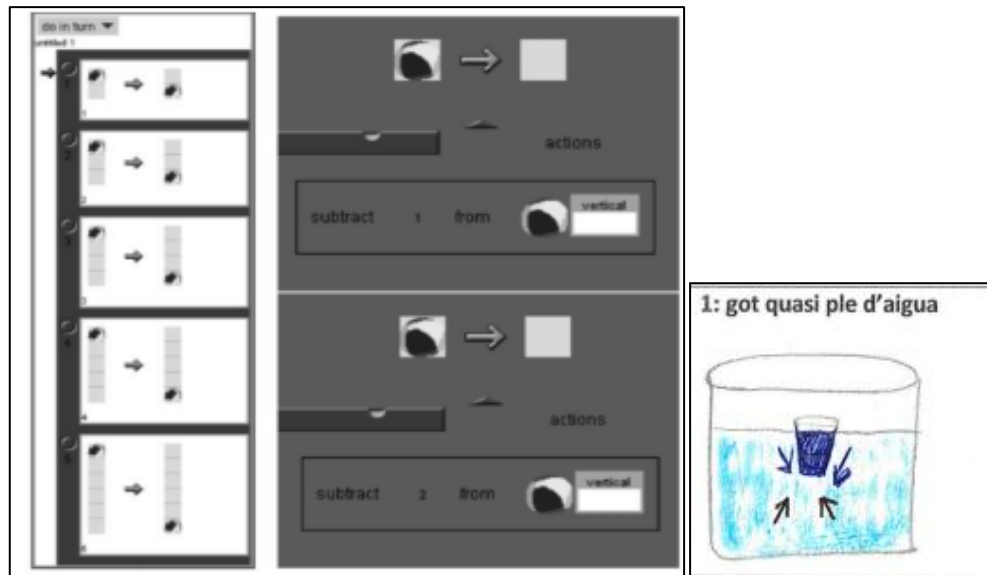
Aquesta perspectiva ressona molt amb el conegut marc de concepcions inicials o marcs alternatius, que s'han catalogat també de moltes altres maneres (pre-concepcions, coneixement intuïtiu, idees alternatives o idees dels alumnes...) (Driver, 1986; Pfundt & Duit, 1994) però d'una manera més organitzada i agrupada: no mirem la idea concreta que té un alumne sobre un fenomen o situació, sinó en quin model mental es situa (és a dir, quin conjunt d'idees té respecte les idees d'un cert MCE) sobre un fenomen. A mode d'exemple, una idea inicial o alternativa podria ser pensar que les plantes s'alimenten d'aigua. En el nostre cas, en comptes de quedar-nos amb la idea concreta, identifiquem o inferim quin model de canvi químic i quin model de nutrició té una persona quan diu això, en referència al MCE de canvi químic i nutrició que volem que s'apregui o MCE apropiat. Per tant, si bé és cert que ens inspirem i utilitzem el marc de concepcions inicials o alternatives, no utilitzem aquests constructes igual que els autors que es troben en



aquest marc. En posar el focus en allò que volem que aprenguin els alumnes (els MCE apropiats), encaminem la nostra anàlisi a identificar els MM dels alumnes en quant a “versions” dels MCE apropiats que tenen en cada moment.

En relació a la idea ja comentada en els apartats anteriors sobre la naturalesa dels models científics i MCE com a entitats abstractes o teòriques vs. representacions físiques o materials (com ara maquetes, simulacions, etc.), quan parlem de MM ens tornem a trobar amb el mateix problema. Per molts dels esmentats autors les representacions físiques que fan els alumnes es poden considerar en sí mateixes el propi MM de l'alumne. Des de la nostra perspectiva però, i en coherència amb la nostra definició de model, el model mental dels alumnes és un constructe més general i abstracte que qualsevol de les representacions es que puguin fer, i s'ha d'interpretar a partir d'elles (Glynn & Duit, 1996). En aquest sentit, aclarir que, també en aquest cas, quan nosaltres parlem de MM ens referim a les idees de l'alumne que li serveixen per explicar el món sota unes “ulleres” determinades (i per tant, el seu model en relació a un MCE). És a dir, els models mentals dels alumnes són interns (estan al cap dels alumnes), però es poden compartir convertint-se en models expressats quan s'utilitza un sistema de representació simbòlica per explicitar-les (Jiménez Bargalló, 2016). Per a nosaltres, aquesta representació simbòlica no es pot considerar el model, sinó l'expressió d'aquest. Per tant, les idees que formen el MM d'un alumne es poden interpretar tant a partir de les explicacions que fa dels fenòmens com a partir de les expressions explícites del model a través de diversos formats multimodals, com ara textos, dibuixos, maquetes, etc.)

A mode d'exemple comparem com s'entenen els constructes físics fets pels alumnes (simulació en un cas i dibuix en un altre) per tal de deixar clara la diferència entre alguns autors i nosaltres. En el primer cas (dibuix de l'esquerra, Figura 4), els alumnes creen o dissenyen una simulació en la qual s'explica l'agent causal de l'acceleració d'una pilota (i per tant han d'introduir en el programa uns codis que compleixin les regles del joc que tenen ells al cap respecte el funcionament del fenomen observat). En aquest cas, els autors consideren que la simulació creada pels alumnes és *el model* dels alumnes: “[...] Els estudiants comencen construint els seus artefactes/models. [...] Tot i que els models poden ser alhora concrets i conceptuais [...] per naturalesa, en el nostre cas ens referim als models externs/físics.” (Louca & Zacharia, 2015, p. 195). En el segon cas (dibuix de la dreta, Figura 4), els alumnes fan un dibuix que busca explicar una situació de flotació on hi ha equilibri (un got quasi ple d'aigua surant dins d'un altre recipient amb aigua). En el nostre cas, considerem que el dibuix creat pels alumnes és una expressió/explicitació del model mental que tenen respecte del MCE de flotació (i per tant, de les regles del joc que tenen al cap), i l'interpretarem d'aquest dibuix i de la discussió associada, però en cap cas anomenarem al propi artefacte (dibuix) “model mental”.



**Figura 4:** Exemples de simulació i dibuix (explicitació de model).

Esquerra: Imatge de la simulació creada pels alumnes participants en l'estudi de Louca i Zacharia (2015). Dreta: Dibuix creat pels alumnes participants en aquest estudi.

Per tant, quan per abreviar parlem dels models dels alumnes, mai ens referirem al constructe (text, objecte, dibuix, maqueta, simulació, etc.) que utilitzen per expressar el seu MM, sinó que ens referirem al MM que hi ha darrere de l'explicació o de l'expressió utilitzada (en format dibuix, maqueta, etc.). Per tant, serà necessària una interpretació d'aquest constructe per part nostra per a determinar quin és el MM que té l'alumne en un moment determinat.

Per últim, comentar la naturalesa necessàriament "mental" de tots els models, ja que tot i que tan els models científics com els MCE són més o menys consensuats en una comunitat (en un cas la científica i l'altra la didàctica), aquests són producte dels models mentals de les persones que formen i han format aquella comunitat. Dit això, el fet que siguin compartits i multi-representats al llarg de la història avala obviar aquest origen mental.

#### 2.2.2.4. Com són i quins són els MCE que volem ensenyar?

A l'hora d'explicar quin és concretament el coneixement conceptual que volem que aprenguin els alumnes a l'aula de ciències ens hem situat en el marc dels models científics escolars. Ara bé, la transposició didàctica que s'ha de fer dels models científics per decidir quins models escollir i a quin nivell s'han d'ensenyar, no és gens trivial. En aquesta secció intentem explicar com són i quins són en concret els MCE que volem ensenyar.

Des del nostre punt de vista, els MCE a ensenyar no són una gran quantitat de conceptes i teories inconnexes, sinó un **petit nombre de grans idees** (Harlen, 2010) o **idees clau** (NRC, 2012) que tenen potencial per explicar una gran quantitat de fenòmens diferents (Gilbert, 2004; Izquierdo et al., 1999; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003), que tenen coherència entre elles i que s'haurien de desenvolupar en progressió al llarg de l'escolaritat. L'objectiu és passar d'un enfocament que vol abastir molt (incloent un seguit de fets, teories, procediments, etc. desconnectats i molt nombrosos) a un enfocament que vol aprofundir molt (centrant la mirada en uns pocs models clau que serveixen per explicar molts fenòmens rellevants a la vida dels estudiants).

En primer lloc, estem d'acord amb Izquierdo i altres en que si les teories o models teòrics (científics) són les que unifiquen els coneixements sobre el món, *"ha de ser possible vertebrar el conjunt de coneixements*

*científics (idees i accions) escolars al voltant d'uns pocs models teòrics*" (Izquierdo et al., 1999, p. 84). Per tant, els MCE que guïïn el currículum han de ser uns pocs models simples però coherents amb els models científics (tot i que no iguals). Les idees que conformin aquests models seran doncs pròpies de cada disciplina, coherents entre elles i irreductibles perquè corresponen a una **"manera de mirar" específica**.

En segon lloc, aquests pocs models teòrics (escolars) estan formats per unes **idees potents** en el sentit que serveixen per predir i explicar molts fenòmens, i adquireixen sentit a mesura que es van aplicant a **molts fenòmens diferents** (Izquierdo et al., 1999). Tots els exemples, experiments i fenòmens seleccionats i inclosos en la progressió d'aprenentatge tenen com a objectiu contribuir a la comprensió d'aquest model, i per tant es busca que siguin paradigmàtics d'aquell model (per exemple, la caiguda lliure és un fenomen paradigmàtic per construir la gran idea o model d'interacció, en concret gravitatòria, que relaciona les forces i els moviments dels cossos).

En tercer lloc, aquests models científics escolars s'haurien d'ensenyar **en progressió** al llarg de l'escolaritat, en comptes d'ensenyar-los de manera acumulativa com es fa habitualment amb els continguts científics (Harlen, 2010; NRC, 2012). Això implica que els mateixos models s'haurien d'anar construint al llarg de l'escolarització, des de la infància, des d'una perspectiva de **currículum en espiral**, on el model s'anés fent cada vegada més complex. Això implica que l'ensenyament s'ha d'organitzar sistemàticament al llarg dels múltiples anys escolars (infantil, primària i secundària) de manera que els MCE que s'aprenguin siguin sempre els mateixos però es vagin enriquint, és a dir, adaptant al nivell de complexitat que correspon per aquell curs i construint sobre i revisant la versió del model on s'ha arribat fins al moment. Les progressions d'aprenentatge teòriques (tal i com comentem en apartats posteriors) pretenen definir la versió del MCE a cada nivell d'escolaritat.

Ara bé, partint d'aquestes característiques, quins serien concretament aquests MCE? Si fem un repàs als diferents documents curriculars que proposen un nombre reduït d'idees clau de ciències que s'haurien de treballar a al llarg de l'escolaritat, ens trobem amb diferents marcs que proposen idees similars. El marc de la NRC (2012) a EEUU inclou 13 idees estructurades en 4 àrees: ciències físiques (p. ex. idees com "La matèria i les seves interaccions" o "Moviment i estabilitat: forces i interaccions"), ciències de la vida (p. ex. "De les molècules als organismes: estructures i processos" o "Ecosistemes: interaccions, energia i dinàmiques"), ciències de la Terra i l'Espai (p. ex. "El lloc de la Terra a l'Espai" o "Sistemes terrestres"), i enginyeria, tecnologia i aplicacions de la ciència (p. ex., "Disseny tecnològic"). El marc actual de la OCDE per a l'avaluació PISA (OECD, 2013) a Europa, per la seva banda, agrupa també les idees o continguts en àrees de coneixement, considerant que hi ha 18 continguts conceptuals de ciència agrupats en 3 àrees: sistemes físics (p. ex. "L'estructura de la matèria", "Canvi químic de la matèria" o "moviment i forces"), sistemes vius (p. ex. "Cèl·lules", "El concepte d'organisme" o "Ecosistemes") i sistemes de la Terra i l'Espai (p. ex. "Canvis als sistemes terrestres" o "la Terra a l'Espai"), a més d'altres continguts procedimentals i epistèmics. Per últim, el marc actual que parla de les "grans idees de la ciència" elaborat per la *Association for Science Education* (ASE) al Regne Unit (Harlen, 2010), proposa una llista de 14 idees clau, de les quals, 10 són idees de ciència i 4 són idees sobre ciència. A diferència dels marcs anteriors, aquests idees estan redactades en format "frase", indicant què s'ha d'aprendre i no només sobre quin tema (p. ex. "Tot el material de l'Univers està fet de partícules molt petites", "Canviar el moviment d'un objecte requereix d'una força resultant actuant sobre aquell objecte" o "Els organismes estan organitzats en base a cèl·lules").

En el cas del currículum del nostre país a nivell de primària (Departament d'Educació, 2009), es presenten 5 coneixements que els alumnes han de tenir sobre ciència i tecnologia, però sense concretar a quin nivell s'han d'assolir: 1. "els materials: com són i com canvien", 2. "l'energia: les seves fonts i com es transfereix", 3. "els éssers vius: què els caracteritza i com s'interrelacionen entre ells i amb el medi", 4. "la Terra: la seva

situació a l'univers, la seva estructura i els seus canvis" i 5. "la tecnologia: les parts, l'estructura i el funcionament dels objectes tecnològics". Al currículum a nivell de secundària (Departament d'Educació, 2007), inexplicablement aquests continguts es multipliquen en molts més (no enumerats), que són diferents per a cada curs i que s'agrupen en àrees de coneixement específiques (p. ex. l'àrea de "l'Univers i el Sistema Solar", "la Terra i els seus embolcalls" o "la vida a la Terra").

Des del nostre punt de vista, les propostes de la NRC, la OCDE i la ASE ens semblen més interessants i coherents (entre ells i didàcticament) que la proposta del currículum del nostre país, especialment a nivell de secundària, on els diferents continguts no estan agrupats en grans idees o models i no es treballen de manera progressiva al llarg dels 4 anys, sinó que varien en cada curs. En el cas de les propostes internacionals, tot i haver diferències entre elles, totes presenten unes idees clau molt similars, referents a les nocions més importants de les ciències naturals / de la vida, de les ciències físiques i de les ciències de la Terra i l'Espai, i per tant ens donen una idea de què és allò més important que hauríem d'ensenyar al llarg de tots els anys d'escolaritat.

Tot i així, aquests marcs no expliquen en què consisteixen exactament aquestes idees (a excepció de la ASE que formula idees clau en format "frase") i en cap cas agrupen les idees clau en uns models científics escolars importants, ni distingeix els diferents tipus de models o idees.

Des del nostre punt de vista, i seguint la línia de pensament que ja proposaven algunes investigadores del nostre departament fa més de 15 anys (Izquierdo et al., 1999) és molt útil i coherent organitzar els continguts científics en uns MCE clau que agrupats en unes "maneres de mirar" formen les teories científiques més generals. És a dir, podem considerar que hi ha diferents nivells de models: unes **famílies de models o teories** (que es troben potser més lluny dels fenòmens i per tant tenen un caire més general o abstracte), i uns **models més petits o sub-models** que en conjunt conformen el gran model o teoria (que es troben més a prop dels fenòmens i tenen un caire més concret o local). De fet, creiem que els MCE es poden anar superposant uns dins dels altres i cadascun d'ells es pot entendre com una caixa (més gran o més petita) que podem obrir a l'estil de les "nines russes" i trobar altres caixes (models) més petites. Des d'aquesta visió, cada gran model inclouria diferents models o sub-models més petits, i cadascun d'ells es podria sub-dividir en diferents sub-models encara més petits i concrets. A continuació mostrem alguns exemples bastant consensuats en el nostre context.

- El primer gran model o teoria és el de "**teoria cinético-corpúscular de la matèria**", que es desenvolupa en models més petits, com el de " propietats-canvis d'estat" i el sub-model "canvi químic". El model de canvi químic, per exemple, es podria subdividir en altres sub-models encara més concrets: sub-model de "canvi químic a nivell macro" (o en termes de propietats) i sub-model de "canvi químic a nivell micro" (o en termes d'estructura).
- Un altre gran model o teoria és el de "**ésser viu**", que segons alguns autors es podria sub-dividir en altres models més petits que representen en aquest cas escales de la vida, com "cèl·lula", "organisme" i "ecosistema". Dins del model ésser viu-organisme, també podríem considerar altres sub-models encara més petits com el de "funció de relació", "funció de nutrició" i "funció de reproducció", que junts contribueixen a construir el gran model d'ésser viu.
- En el cas del gran model "**terra**" es poden determinar diferents sub-models: "canvi geològic", "sistema sol-terra" o "tectònica de plaques".
- Per últim, un altre exemple de gran model o teoria seria el de "**interaccions mecàniques**" (o forces). Dins d'aquesta teoria més general podríem trobar models més petits: per exemple, el model de "pèndol", el model de "flotació", o el model de "caiguda lliure". Tots ells segueixen les mateixes regles del joc (les de la teoria d'interaccions mecàniques) però s'apliquen de maneres

diferents i tenen condicions específiques en cada cas. Dins del model de flotació, per exemple, podem identificar el sub-model de “flotació en termes de forces” i el sub-model de “flotació en termes de densitats”. Ara bé, en aquest cas el sub-model de flotació en termes de densitat no formaria part de la teoria d’interaccions mecàniques, sinó de la primera teoria de matèria/partícula.

Per tant, en didàctica de les ciències podem definir uns **pocs grans models** (formats d’unes idees clau o regles del joc determinades i pròpies d’una disciplina) els quals haurien de guiar l’ensenyament de les ciències en els diferents nivells d’escolaritat (adaptant la complexitat de les idees a cada nivell a partir de la definició d’unes progressions d’aprenentatge teòriques). Aquests grans models es sub-divideixen en d’altres més petits, que són els que ens serviran per treballar a l’aula perquè es troben més a prop dels fenòmens. Per tal d’anar construint els diferents models petits o sub-models haurem de treballar entorn un grup de fenòmens que s’assemblin entre ells i que es puguin explicar amb aquests sub-models. Ara bé, el docent sempre haurà de tenir present quin és el gran model al qual vol arribar i enfocar el treball dels petits models en la direcció d’anar construint una manera de mirar més general, és a dir, les regles del joc del gran model o teoria.

### 2.2.3. Justificacions per ensenyar i aprendre models

*“La centralitat dels models i la modelització en el desenvolupament de coneixement científic ha de ser transferit a l’ensenyament de les ciències si s’assumeix que un objectiu principal d’aquest és l’adquisició dels estudiants d’un coneixement complert dels principals processos i productes de la ciència.” (Justi & van Driel, 2005, p. 549)*

D’igual manera que amb les pràctiques científiques escolars, l’ensenyament dels models científics escolars es pot justificar des d’un argument epistèmic, un argument d’aprenentatge i un argument curricular.

El primer argument (epistèmic) es basa en que a l’aula de ciències volem ser coherents amb les maneres de fer i funcionar de la ciència. Si entenem la ciència com una activitat bàsicament modelo-teòrica (Adúriz-bravo & Izquierdo-aymerich, 2009; Gilbert, 2004; Halloun, 2004; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003), en el sentit que el seu objectiu últim és construir uns models teòrics per explicar el món, l’activitat científica que promovem a l’aula de ciències haurà de ser coherent amb això i per tant promoure que els alumnes també busquin construir (i aprendre) uns models clau (en aquest cas escolars).

El segon argument (aprenentatge) es basa en la perspectiva constructivista de l’aprenentatge, que considera que el coneixement no es pot transmetre, sinó que les persones construïm el coneixement a partir de les idees que ja tenim. Aquestes idees no estan aïllades i desconnectades, sinó que es conformen en models mentals que expliquen el món. Si els humans entenem el món a través de models, és coherent centrar l’ensenyament de les ciències en la construcció d’uns models mentals que es vagin acostant, cada vegada més, als MCE (Glynn & Duit, 1996).

Per últim, des dels currículums del nostre país es fa un èmfasi important en la idea de competències. En aquest sentit, els models científics escolars connecten la teoria amb el món real i ens permeten explicar i predir gran quantitat de fenòmens, a diferència de quan aprenem una gran quantitat de teories i lleis desconnectades entre sí i dels fenòmens naturals, o fets de vegades molt concrets i locals. L’alumnat que s’hagi apropiat d’uns pocs MCE en ciències serà probablement més capaç d’aplicar i usar aquest coneixement en noves situacions i fenòmens (és a dir, serà més competent) que aquell alumnat que hagi après (o memoritzat) moltes teories allunyades del món real i molts fets (concrets i locals) poc aplicables a nous contextos.

### 2.2.3.1. Argument epistèmic

*“Comprendre la ciència és saber com els models científics es construeixen i es validen.”* (Hestenes, 1992, p. 732)

Les visions de la naturalesa de la ciència han anat canviant al llarg de les últimes dècades. Les concepcions tradicionals basades en la idea del "mètode científic" sobre-simplifiquen la naturalesa de la observació i ignoren el paper dels models en l'activitat científica. Recentment hi ha hagut un canvi en els tipus d'estudis duts a terme tant en ciència cognitiva com en història i filosofia de la ciència, en els quals s'ha analitzat sistemàticament la pràctica real dels científics *in situ* en comptes de fer anàlisis abstractes de la naturalesa de les ciències, amb la intenció de sortir de visions simplistes sobre la construcció del coneixement científic (com la pura inducció provinent de les observacions o la pura deducció d'axiomes seguida de comprovacions) (Clement, 2000; Nersessian, 2002). Aquests estudis recents parlen de la importància de la **construcció progressiva de models** a través de processos inductius, deductius i horitzontals de conjectura i modificació (revisió) de models (Clement, 2000).

Tal i com afirmen Grandy i Duschl (2007):

*“L'educació científica continua estant dominada per visions hipotético-deductives de la ciència mentre que els filòsofs de la ciència han mostrat que la indagació científica té altres elements igualment essencials: el desenvolupament de teoria, el canvi conceptual i la construcció de models. El rol dels experiments se situa en la teoria i la construcció, avaluació i revisió de models, i el caràcter dels experiments està situat en com escollim realitzar les observacions i experiments”* (Grandy & Duschl, 2007, p. 143).

En definitiva, doncs, podem dir que els aspectes fonamentals de l'activitat científica són *“utilitzar proves per construir teories, models i mecanismes que expliquin els sistemes naturals, i utilitzar aquestes teories i models per dissenyar experiments o observacions que proporcionin proves.”* (Duschl & Grandy, 2012, p. 2130).

Tenint en compte això, molts autors han destacat la importància de la modelització i la construcció de models a totes les disciplines científiques i processos d'indagació (Campbell, Oh, & Neilson, 2012; Grandy & Duschl, 2007; Halloun, 2004; NRC, 2012), deixant clar que la pràctica científica és una activitat **sobretot teòrica**, concretament consistent en la construcció de models explicatius del món material (Giere et al., 2006; Giere, 2004; Grandy & Duschl, 2007; Halloun, 2004; Osborne, 2014), o com diuen Campbell i altres (2012), citant a Halloun (2004): *“Quan considerem la feina dels científics [...], la metodologia científica consisteix bàsicament en fer, posar a prova i usar models conceptuals de patrons en les realitats físiques”* (Halloun, 2004, citat a Campbell et al., 2012, p. 29).

Ara bé, *“això no vol dir entendre que els científics ja no realitzen d'experiments. Per contra, és entendre que el paper dels experiments es troba situat en la teoria, i en la construcció, avaluació i revisió de models, i que el caràcter dels experiments està situat en com escollim realitzar les observacions i mesures.”* (Grandy & Duschl, 2007, p. 143).

Molts autors estan d'acord amb que si el desenvolupament, l'ús, l'avaluació i la revisió de models i les explicacions relacionades juguen un paper tan central en l'activitat científica, aquests models i explicacions haurien de ser també una característica important en l'ensenyament de les ciències (Campbell et al., 2012). Si volem incorporar als alumnes en una activitat científica coherent amb la de la ciència, i per tant que incorporin aquesta visió modelo-teòrica de la pràctica científica, així com que es facin una idea de a què ens referim quan parlem d'un model científic, serà clau que s'adreci directament la naturalesa dels models i la modelització a l'aula de ciències (Gilbert & Boulter, 1998).



De fet, estudis previs mostren que participar en la pràctica de modelització o en la construcció de models millora l'aprenentatge epistèmic de la ciència en comparació a altres entorns d'aprenentatge: "*Es va veure que la participació activa dels estudiants en el procés de modelització va aconseguir millors resultats d'aprenentatge. Per exemple, la modelització promou una comprensió conceptual més eficaç de la naturalesa de la ciència i desenvolupa més habilitats procedimentals i de raonament que per mitjà d'altres entorns o eines d'aprenentatge actualment disponibles*" (Bell 1995; Grosslight et al 1991; Harrison & Treagust 1996; citat a Louca & Zacharia, 2015, p. 193).

### 2.2.3.2. Argument de l'aprenentatge

Des d'una perspectiva constructivista de l'aprenentatge, el coneixement no es pot transmetre directament sinó que s'ha de construir activament per l'aprenent a partir de les idees que ja té (Bransford et al., 2000; Driver, 1986). Això dóna importància a les idees inicials dels alumnes, que durant molts anys han estat un focus important de la recerca en didàctica de les ciències, dins dels coneguts marcs de les concepcions errònies, idees prèvies i/o concepcions alternatives.

Com ja hem comentat en l'apartat de models científics i models científics escolars, aquestes idees inicials que tenen els alumnes són en realitat models mentals. En aquest sentit, són molt més que idees aïllades i inconnexes sobre com funciona el món, ja que les idees s'agrupen en sistemes de creences o models mentals alternatius (dinàmics, incomplets, etc.) que conformen un marc conceptual propi. Segons les visions actuals de l'aprenentatge, els estudiants necessiten entendre els nous fets i idees en el context de marcs conceptuals disciplinars, que serveixin per donar sentit i que facilitin l'ús i la transferència (Bransford et al., 2000). En el cas de les ciències, aquests marcs conceptuals de cada disciplina es poden entendre com els models científics clau.

Els models mentals inicials habitualment naïve o incomplets dels alumnes van modificant-se i evolucionant al llarg de la instrucció, cap a uns models conceptuals compatibles amb els models científics clau (Glynn & Duit, 1996). Això implica que, independentment del procés que es consideri que fa evolucionar aquests models inicials, que poden anar des de perspectives cognitives basades en el canvi conceptual fins a perspectives socio-culturals que emfatitzen el paper de les idees dels altres en l'aprenentatge, les idees inicials dels alumnes han d'evolucionar, i aquest no és un procés senzill. La didàctica de les ciències, al llarg de la seva història, s'ha dedicat a investigar aquest procés des de diferents marcs, de vegades per conceptes molt concrets i molt petits. Des de la nostra perspectiva, el fet que l'aprenentatge de nous continguts requereixi incorporar-los en uns marcs conceptuals determinats, emfatitza la importància d'ensenyar allò clau o essencial de la forma de mirar d'una disciplina. Com a conseqüència, creiem que també des d'una perspectiva d'aprenentatge constructivista consensuada, es justifica un enfocament del contingut conceptual en termes de models clau.

### 2.2.3.3. Argument curricular

A l'hora de respondre a la pregunta: "què s'hauria d'ensenyar?" diferents informes i documents curriculars donen unes respostes encaminades a aconseguir l'alfabetització o competència (en aquest cas científica) dels estudiants. Tal i com indica l'influent informe *How People Learn* (Bransford et al., 2000), l'educació actual hauria d'ajudar als alumnes a desenvolupar les eines i estratègies intel·lectuals per assolir un coneixement que serveixi per pensar productivament en els diferents àmbits de coneixements (per ex., en ciències). Segons aquests autors, per ser capaç d'utilitzar el coneixement productivament i ser competent, així com per seguir aprenent al llarg de la vida, és necessària l'adquisició d'una comprensió fonamental de la disciplina i sobre les maneres de funcionar d'aquella disciplina.

Una de les grans crítiques que es fan dels currículums tradicionals (Osborne & Dillon, 2008) és en relació a la selecció del contingut a ensenyar: es considera que es dóna un èmfasi desmesurat a l'acumulació de continguts (gran quantitat de conceptes), que no tenen coherència entre ells (introducció d'idees aïllades) i que aquests continguts manquen de sentit perquè no es relacionen amb contextos que puguin ser rellevants pels estudiants.

Diversos autors i currículums a nivell internacional (Clement, 2000; Harlen, 2010; NRC, 2012) afirmen que aprendre uns models conceptuals o unes idees clau potents que puguin explicar molts fenòmens pot permetre superar les mancances identificades en els currículums. D'una banda, els continguts es redueixen i tenen més coherència quan s'estructuren en uns pocs grans models que s'han d'anar treballant al llarg de tota l'escolaritat. A més, aquests continguts científics són més rellevants pels estudiants si s'entenen com uns models explicatius del món, on la ciència pren 'sentit' pels estudiants a través d'explicacions satisfactòries sobre fenòmens propers. Per últim, l'aprenentatge d'uns MCE permet una comprensió conceptual de ciències a un nivell que va molt més enllà dels fets, equacions i processos memoritzats, ja que els models integren un tipus de coneixement flexible i transferible que pot ser aplicat a noves situacions o problemes. Conseqüentment, creiem que l'ensenyament d'uns pocs models científics escolars que puguin explicar molts fenòmens quotidians (a diferència d'uns continguts teòrics discrets, aïllats i allunyats del món real o uns fets concrets i locals poc aplicables a altres situacions) pot promoure més eficaçment l'objectiu últim de l'educació en ciències per a tots: la competència o alfabetització científica de l'alumnat.

### 2.3. La modelització a didàctica de les ciències

Tant en l'àmbit de la naturalesa de les ciències (Giere, 1988, 1999; Nersessian, 2002) com en el de didàctica de les ciències des de les tradicions europees i americanes (Berland et al., 2015; Clement, 2000; Gilbert & Boulter, 2000; Gilbert, 2004; Gobert, 2000b; Harrison & Treagust, 2000; Schwarz et al., 2009; Tiberghien, 1994; White & Gunstone, 1989) han reconegut la necessitat de considerar la modelització com un procés clau en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències (Achér, Arcà, & Sanmartí, 2006).

Des de la nostra perspectiva, estem d'acord que la modelització és important per ser una pràctica científica fonamental (ja que l'objectiu final de la ciència és construir uns models científics per explicar el món), però sobretot perquè si volem que l'alumnat construeixi un coneixement científic potent i útil per explicar el món (uns MCE clau), la millor manera és fent-los participar d'una pràctica de modelització adequada on construeixin aquests models. Això no exclou un interès en les altres pràctiques científiques, i en particular per l'argumentació, que hi està profundament relacionada.

#### 2.3.1. La modelització en relació a l'argumentació

El procés de modelització és inherentment argumentatiu (Cardoso Mendonça & Justi, 2013; Clement, 2008a; Giere & Giere, 2001; Windschitl et al., 2008a). En tots els aspectes de la modelització, en particular triar entre models competitiu, els estudiants s'involucren en actes persuasius com ara jutjar idees i donar-les-hi sentit per tal de *"auto-convèncer-se i/o convèncer als altres que les idees o les maneres de mirar i explicar un fenomen són útils"* (Passmore & Svoboda, 2012, p. 1535). En aquest sentit, l'argumentació juga un paper central en la construcció d'explicacions, models i teories (Sibel Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2007).

Existeix una àmplia literatura (tant a nivell de disseny curricular com de recerca) sobre la pràctica científica de l'argumentació (Duschl & Osborne, 2002; Sibel Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2007), en particular, quan



es fa des de l'objectiu final de promoure una participació democràtica i educació per la ciutadania crítica i activa. N'és un gran exemple el marc de les controvèrsies socio-científiques (Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005), tot i que no és l'únic.

La relació entre ambdues pràctiques de modelització i argumentació (i també d'indagació) és prou complexa i s'estudia a la literatura des d'ambdues vessants. D'una banda, molts autors estudien l'argumentació en contextos de modelització, trobant les importants relacions entre les dues en tots els estadis o fases de la modelització (Cardoso Mendonça & Justi, 2013; Lehrer & Schauble, 2005). D'altra banda, hi ha autors que analitzen el paper dels models científics en el procés de construcció i ús d'arguments (Böttcher & Meisert, 2011; Duschl, 2008a). A diferència dels estudis anteriors, els autors que persegueixen fomentar primordialment l'argumentació ho acostumen a fer en activitats de construcció de significat no guiades per un cicle de modelització en contextos que presenten dilemes o controvèrsies. En aquest sentit, la diferència en l'enfocament pot semblar subtil, però ha generat dos grans àmbits en la literatura que no sempre estan clarament relacionats.

Tot i que estem d'acord amb aquests autors que l'argumentació és una pràctica científica fonamental que s'ha de promoure a la classe de ciències i que la pràctica científica de la modelització està intrínsecament relacionada amb les activitats de construir significat i persuadir pròpies de l'argumentació (Berland & Reiser, 2011), en el nostre cas ens centrem en la pràctica científica de modelització. Això ho fem per dos motius principals. En primer lloc, per un posicionament epistemològic *“que dona centralitat a la explicació científica, situant-la en la part més alta de la jerarquia dels objectius epistèmics de la ciència.”* (Adúriz-Bravo, 2014). En segon lloc, per coherència amb la proposta didàctica de l'ACE (Activitat Científica Escolar), fonamentada tant en aquest posicionament epistèmic com en una visió de l'aprenentatge socio-cultural (Izquierdo et al., 1999). Ambdós posicionaments justifiquen la importància que li hem atorgat a l'aprenentatge d'uns models científics escolars clau i al procés de modelització per aprendre els mateixos, tant pel disseny curricular com per la recerca.

Si bé ens hem centrat en la pràctica de modelització en aquesta tesi, som conscients que les dades que tenim podrien analitzar-se també des de la perspectiva de l'argumentació, obtenint resultats diferents però en cap cas incompatibles.

### 2.3.2. Elements clau de la modelització

D'igual manera que existeix una gran polisèmia en el nostre àmbit quan es defineix o es parla dels diferents tipus de models (científic, escolar, mental...), també es dona una polisèmia important quan es parla de models i modelització. En molts estudis es parla dels dos termes sense distingir-los (com una cosa que s'ha de fer a l'aula de ciències en general) fins al punt que a les revisions en aquest tema en tracten indistintament els termes “models” i “modelització” perquè és impossible separar-los en la bibliografia (Campbell & Oh, 2015; Gutierrez, 2014; Oh & Oh, 2011). En relació al terme modelització, molts autors el defineixen com el procés per construir models (Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2011; Hestenes, 1987; Louca & Zacharia, 2015; Schwarz et al., 2009) però en ocasions alguns autors (Achér & Reiser, 2010; Harrison & Treagust, 2000; Rapp & Sengupta, 2012; Schwarz & Gwekwerere, 2007; Wells, Hestenes, & Swackjamer, 1995) parlen de la modelització sense clarificar o distingir si s'estan referint a l'objectiu didàctic (allò que volem que facin els alumnes) o a l'estratègia o metodologia didàctica que apliquen per aconseguir-ho (allò que hem de fer per promoure-ho).

Nosaltres estem d'acord amb els autors que consideren la modelització un **objectiu didàctic** per a l'aula de ciències. Concretament, definim modelització com el procés reiteratiu de construcció i refinament de

models de fenòmens naturals (Halloun, 2004; Hestenes, 1992; Louca & Zacharia, 2015), i ho considerem una pràctica científica fonamental per la formació i justificació de nou coneixement científic (Adúriz-Bravo, 2014; Giere et al., 2006; Osborne, 2014), així com una pràctica fonamental a l'aula de ciències (NRC, 2012). Alguns autors aprofundeixen en els processos de construcció i refinament de models per tal donar una idea més clara de a què ens referim quan parlem de la pràctica de modelització:

*“El model i els fenòmens existeixen en una relació dialògica; analitzar els fenòmens dóna idea dels elements, relacions, operacions i regles potencials en el model, i indica les proves que limiten els possibles models. Ahora, el model genera noves explicacions i prediccions sobre el comportament dels fenòmens. [...] Treballar amb models científics implica la construcció i l'ús de models, així com la seva avaluació i revisió. [...] Involucrar als estudiants en pràctiques de modelització els hi permet revisar els seus propis models conceptuals i utilitzar aquells models revisats en raonaments.”* (Schwarz et al., 2009, p. 234).

Per a nosaltres, doncs, la modelització és allò que volem que facin els alumnes (objectiu d'aprenentatge), i no el tipus d'instrucció que fem com a docents. Ens referim a la modelització com a la participació social i personal per “donar sentit” al desenvolupament d'idees, en comptes de l'aproximació més habitual als models com la comunicació d'idees finalitzades. Com a tal, la modelització a l'aula implica que els alumnes participin activament d'una pràctica de co- i auto-construcció de models, de manera que s'involucrin en un tipus de raonament i discurs “científic”, el qual inclou aspectes com el diàleg crític, l'anàlisi de la correspondència entre el fenomen i el model o la discussió de models contradictoris.

Hi ha alguns autors (Baek et al., 2011; Schwarz et al., 2009) que han fet un esforç per parlar, operativitzar i analitzar la modelització com a pràctica, separada dels models (és a dir, sense tenir en compte les idees conceptuals com un contingut a aprendre), i fins i tot han definit i analitzat el coneixement sobre aquesta pràctica: el que anomenen meta-modelització.

Aquests autors, basant-se en recerques prèvies sobre epistemologia i naturalesa de les ciències, i sobre l'aprenentatge de la modelització, han dividit la pràctica de modelització en quatre **elements clau**: 1. Construir models consistents amb proves i teories prèvies, per il·lustrar, explicar o predir fenòmens; 2. Utilitzar models per il·lustrar, explicar o predir fenòmens; 3. Comparar i avaluar la capacitat dels diferents models per representar acuradament i donar compte dels patrons en els fenòmens, i per predir nous fenòmens; 4. Revisar models per incrementar el seu poder explicatiu i predictiu, tenint en compte proves addicionals o aspectes del fenomen.

En línia amb l'elaboració de Schwarz i col·legues (Schwarz et al., 2009), proposem una versió modificada de les pràctiques de modelització des de la nostra perspectiva ontològica dels models, amb la intenció de fer-les accessibles i que tinguin sentit a l'aula de primària. Per a nosaltres, la construcció de models o la modelització es concreta en la participació activa dels estudiants en les pràctiques d'expressió, ús, avaluació i revisió de models. Per començar, des del nostre punt de vista, la construcció de models (primer element de la modelització de Schwarz) no és una fase o element de la pràctica de modelització sinó la pròpia pràctica de modelització en si mateixa. És a dir, per a nosaltres la construcció del model es fa constantment (quan l'utilitzem, l'avaluem, el revisem, etc.) i per tant no es pot considerar un element concret de la modelització perquè els engloba a tots. De fet, des de la nostra perspectiva, la “construcció de models” és la pròpia definició de modelització. Els autors que parlen de la construcció del model com una de les pràctiques de modelització en ocasions tenen una idea de model com a maqueta o representació física (tal i com s'ha discutit a l'apartat 2.2. sobre models) i per això la construcció de la maqueta o la realització d'un dibuix es considera en sí mateixa una fase: la construcció del model inicial que els alumnes

avaluaran i revisaran. En aquesta fase els alumnes “integren parts d’informació sobre l’estructura, el comportament i el mecanisme causant d’aquell comportament del fenomen”, la qual cosa requereix “la invenció de nous conceptes i d’eines simbòliques per representar-los, per tal de passar d’una simple descripció del fenomen a una representació dinàmica del mecanisme causant del comportament del fenomen” (Louca et al., 2011, p. 922). Si bé és cert que aquest procés és complex i demandant pels alumnes perquè han de posar en joc moltes eines de raonament per pensar o inventar-se conceptes i mecanismes de funcionament que donin sentit als fenòmens, des de la nostra perspectiva de models (en la qual els models no són els constructes materials sinó les idees teòriques que expliquen el funcionament dels fenòmens i que es poden expressar a través de diferents artefactes), aquesta acció de construir una maqueta, fer un dibuix, etc. a l’inici no seria la construcció del model (la construcció de la versió de l’alumne del MCE) que es dona al llarg de tota la instrucció. Per a nosaltres, és més adequat parlar de la pràctica **d’expressió** del model, en el sentit que l’alumne expressa o fa explícites les regles del joc que té al cap a través d’un mitjà concret, que pot ser un constructe físic com una maqueta, un dibuix, una simulació, etc.

Pel que fa a la resta d’elements o pràctiques de modelització<sup>5</sup>, estem d’acord amb la terminologia i les definicions proposades per Schwarz i col·legues, tot i que les hem modificat lleugerament per adaptar-les al nostre context i perspectiva teòrica. La nostra proposta operativa es concreta en les següents 4 pràctiques de modelització:

1. **Utilitzar el model:** Explicar o predir fenòmens o experiments concrets fent ús del model.
2. **Expressar el model:** Explicar el model de manera més general que la situació específica, experiment o fenomen.
3. **Avaluar el model:** Analitzar el model qüestionant-lo, jutjant-lo o posant-lo a prova en base a dades.
4. **Revisar el model:** Modificar el model, sofisticant-lo o millorant aspectes inadequats per augmentar el seu poder explicatiu y predictiu.

Aquestes pràctiques de modelització són les que utilitzem en aquesta tesi (a l’estudi 2) per analitzar què fan els alumnes quan se’ls posa en una situació d’aula que promou que s’involucrin en aquestes pràctiques, concretament quan discuteixen en petit grup al voltant de fenòmens o experiments de laboratori paradigmàtics dels MCE que volem treballar. Quan intentem mirar en quines pràctiques de modelització s’involucren els alumnes, estem d’acord amb Jimenez Bargalló en que a la pràctica, aquests quatre elements o pràctiques de modelització són no-seqüencials i iteratives: “algú pot anar a través de múltiples cicles d’avaluació i revisió abans d’usar el model per fer noves prediccions. O algú podria usar un model prèviament construït [expressat] per diferents propòsits i re-formular-lo per explicar fenòmens diferents.” (Jiménez Bargalló, 2016, p. 30). Conèixer com varia la participació en aquestes quatre pràctiques al llarg del temps és un dels objectius d’aquesta tesi.

Aquests autors (Baek et al., 2011, p. 2; Schwarz et al., 2009), com hem comentat anteriorment, consideren que la modelització científica inclou no només els elements de la pràctica esmentats, sinó també el **coneixement de meta-modelització** (MMK o *Meta-Modeling Knowledge*, en anglès), el qual guia i motiva aquesta pràctica. Segons aquests autors, l’alumnat necessita comprendre com s’utilitzen els models, perquè s’utilitzen i quines fortaleces i limitacions tenen, per tal d’apreciar com funciona la ciència i la naturalesa dinàmica del coneixement científic (Schwarz & White, 2005), és a dir, per tal d’incorporar el

---

<sup>5</sup> En aquesta tesi parlarem de les diferents “pràctiques de modelització” per referir-nos als 4 elements o processos que conformen la pràctica de modelització o la construcció de models en general. Aquest terme ens sembla més adequat que “elements” o “fases” per l’ús que li donem en aquesta tesi i més útil per entendre el tipus d’anàlisi realitzat en els següents **capítols**.

coneixement epistèmic de la ciència o al menys assentar les dimensions d'aquest coneixement que de vegades es troben tàcites en alguns dissenys instruccional (Schwarz et al., 2009). Estem d'acord en que és molt important incorporar una reflexió epistemològica a l'aula, en aquest cas de la modelització i dels models (per ex. de la seva naturalesa, dels propòsits amb que s'utilitzen o dels criteris per avaluar-los) de manera integrada amb la participació dels alumnes en aquestes pràctiques. En el nostre cas, aquesta meta-reflexió s'ha incorporat en alguns moments de la instrucció que proposem, tot i que de manera poc sistemàtica e intuïtiva, integrada de manera natural en l'activitat d'aula. A diferència dels estudis que analitzen aquest coneixement meta-modelitzador, en el nostre estudi no ens centrem en aquest aspecte, ja que hem considerat més important centrar l'anàlisi en la pròpia pràctica de modelització i en la construcció de models científics escolars.

En aquest sentit, i a diferència d'aquests autors que només es centren en la pràctica de modelització, per a nosaltres és fonamental encaminar la modelització a la construcció d'uns models clau importants (els MCE). Per tant, **la modelització i els models** són dos aspectes clau en aquesta tesi. D'una banda, estem d'acord amb els autors de modelització en la importància d'emfatitzar el domini de la modelització, i no només del model final. Això és perquè valorem aquestes practiques com un procés on els alumnes incorporen coneixements importants sobre com analitzar (per exemple, la correspondència entre un fenomen i el model), com tenir un diàleg crític, com raonar amb coherència, com buscar consistència lògica, com comparar models contradictoris, com considerar alternatives o com justificar idees fonamentades en proves; totes elles estratègies pròpies del pensament científic o "lent", que tan costa d'utilitzar (Ogborn, 2012). D'altra banda, a diferència dels autors que es centren en la modelització, creiem que és igual d'important que els alumnes incorporin uns models científics escolars (MCE) apropiats i potents, que els serviran per explicar molts fenòmens de la seva vida quotidiana actual i futura. En el cas que ens ocupa, la formació inicial de mestres, així com en els primers anys d'escolarització, és molt important que es treballin aquests models clau, ja que el contingut conceptual en ciències és un repte especialment gran en aquests dos contextos (tal i com comentarem amb més detall a l'apartat de "Formació inicial de mestres").

## 2.4. La instrucció centrada en models

A l'aula de ciències és habitual trobar que la teoria (l'ensenyament de continguts conceptuals) i la pràctica (l'experimentació al laboratori, les sortides de camp, etc.) es consideren separatament i la instrucció no va dirigida a treballar-les de manera integrada. D'una banda, tot i que sabem que els alumnes tenen uns models mentals per explicar els fenòmens naturals, les seves idees no s'acostumen a utilitzar per generar una activitat científica escolar que els porti a anar construint i deconstruint aquests models, sinó que la instrucció es centra en transmetre als estudiants fragments del model científic consensuat i contrastar i ressaltar les diferències entre aquest i les idees alternatives dels estudiants (Aché et al., 2006). Fent això, a l'escola acabem tendint a ensenyar una ciència estàndard que s'apropa més o menys al model científic consensuat i que és considerada com una veritat absoluta a creure (Clement, 2000). D'altra banda, sovint l'activitat "pràctica" que es realitza a l'aula de ciències s'ha limitat a processos manipulatiu, mecanitzats i rutinaris (tipus recepta) que en el pitjor dels casos no té cap relació amb els conceptes teòrics treballats a classe (on simplement es pretén que els alumnes aprenguin a mesurar amb una pipeta o fer un gràfic dels resultats obtinguts) i en el millor dels casos aquesta experimentació serveix per comprovar un contingut teòric concret prèviament transmès als alumnes (Couso, 2014; Martínez-Chico, Jiménez-liso, & López-Gay Lucio-Villegas, 2014; Simarro, 2013).

Incorporar les pràctiques científiques de modelització a l'aula de ciències, amb l'objectiu de permetre que els alumnes participin col·lectivament de la construcció i negociació del coneixement científic requereix,

doncs, d'uns canvis en els hàbits i les maneres de fer de les aules tradicionals (Achér et al., 2006; Baek et al., 2011; Berland & Reiser, 2011; Jiménez-Aleixandre et al., 2000; Lemke, 1990). De quina manera s'hauria de plantejar la instrucció (quin enfocament didàctic seria l'adequat) per aconseguir aquesta integració de teoria i pràctica és el que es discuteix en aquest apartat.

Algunes propostes i enfocaments didàctics basats en la indagació ("*inquiry*" en anglès) han intentat donar idees sobre com incloure el treball pràctic a l'aula, situant-se entre aquestes dues corrents prèvies que s'ha vist que no funcionen: la transmissió de coneixements ja elaborats i el descobriment autònom on l'alumne és com un petit científic que pot construir les explicacions del món simplement experimentant amb ell (Couso, 2014). L'ensenyament com a indagació, però, tampoc ens convenç per diferents motius. En primer lloc perquè, tal i com diu Osborne (2014), aquest enfocament didàctic es basa en involucrar els alumnes en una activitat científica igual que la dels científics, quan en realitat l'objectiu de la ciència (descobrir nou coneixement científic) no és el mateix que l'objectiu de l'educació en ciències (construir una comprensió de les idees bàsiques de la ciència). Això és important perquè fent que els alumnes realitzin investigacions més o menys guiades no té perquè implicar l'aprenentatge de continguts científics importants. D'altra banda, perquè la polisèmia del terme indagació (R. Anderson, 2002) ha portat a una mala interpretació i comunicació del concepte, de manera que s'ha arribat a considerar com a indagació a qualsevol activitat experimental: des dels experiments dissenyats per convèncer als alumnes de la validesa d'un concepte, a una activitat pràctica enfocada a les tasques manipulatives (el com) en comptes de a les interpretatives (el què i el per què), passant per una pràctica de laboratori tipus "recepta". En qualsevol cas, poques d'aquestes propostes centrades en la indagació ajuden a entendre que l'activitat científica és una pràctica complexa, genuïna i basada en models teòrics (Osborne, 2014), i molt menys a construir un coneixement conceptual important (Couso, 2014).

Una proposta alternativa per canviar la perspectiva actual respecte el treball pràctic a l'aula, ha de tenir en compte que aquest ha de servir per provocar el pensament profund i científic (Ogborn, 2012), és a dir, per pensar i repensar els propis models que expliquen els fenòmens i no per simplement aprendre processos manipulatiu de l'experimentació científica. Concretament, si volem aconseguir una progressió o evolució dels models mentals dels alumnes cap a un model que s'apropi al MCE, la pràctica de **modelització** tindrà un paper primordial respecte les altres pràctiques, ja que justament consisteix en que els alumnes vagin utilitzant, expressant, avaluant i sofisticant els seus models mentals per tal que expliquin i prediguin cada vegada més fenòmens i de manera més complerta (i per tant, s'apropin més al MCE). El marc en el qual ens situem i que ens serveix per explicar quina seria una aproximació metodològica adequada per aconseguir que els alumnes modelitzin és el de la **Instrucció Centrada en Models** (o "*Model-centred instruction*" en anglès).

La pregunta de com podem crear ambients d'aprenentatge efectius per promoure la construcció de models dels alumnes ha estat central en diferents aproximacions pedagògiques durant molts anys, i durant els últims 25 anys la construcció teòrica entorn a aquesta pregunta s'ha anat sofisticant, així com les estratègies didàctiques proposades (Jiménez Bargalló, 2016). Tot i que hi ha diferents aproximacions dins d'aquest marc (a les quals no entrarem per no ser d'interès en aquesta tesi), nosaltres ens situem en aquelles que estan d'acord amb les nostres aproximacions socio-culturals de l'aprenentatge i la nostra visió de models en l'ensenyament de les ciències.

En primer lloc, ja hem vist que algunes recerques deixen clar que els models explicatius no es generen espontàniament en activitats de laboratori si l'ambient d'aprenentatge no ho promou i no s'enfoca explícitament en la construcció d'aquells models (Schauble et al., 1991). Ara bé, no és fins a principis del segle XXI que en el marc de les perspectives cognitives apareixen marcs extensos i unificats de

desenvolupament de propostes educatives i estratègies didàctiques concretes per promoure la construcció de models a l'aula de ciències (Clement, 2008b; Nersessian, 2002). Tant Clement com Nersessian estaven d'acord en què les pràctiques de modelització són claus per aprendre, i van suggerir l'ús de **processos iteratius de modelització** per promoure l'aprenentatge de les ciències. En concret, aquests autors van veure que el procés d'aprenentatge a través de la construcció de models implica l'emergència de successius models intermedis, suggerint que es pot promoure la transformació dels models dels alumnes introduint successives dissonàncies cognitives que provoquin la insatisfacció de l'alumnat respecte el seu model (Rea-Ramírez & Clement, 1998). Aquestes dissonàncies suggerien que es podien aconseguir comparant el model amb fonts externes (per exemple, antiexemples, fets discrepants, analogies...) o amb fonts internes (per ex., incoherència entre dues concepcions). Des d'aquest marc, el rol del professor és el de **co-constructor del coneixement** (on tant l'estudiant com el professor contribueixen amb idees per avaluar el model), i aquest procés de co-construcció és molt complex. Finalment, també es va suggerir que si l'objectiu és fer evolucionar els models dels alumnes d'un model mental inicial a un model més sofisticat (i proper al model científic escolar), seria útil per a la instrucció conèixer i descriure l'evolució del model inicial al final identificant els models intermedis i definint **camins d'aprenentatge** (o "*learning pathways*" en anglès) (Clement, 2000).

El marc de la instrucció centrada en models, des d'una visió socio-constructivista, cultural i comunicativa dels processos d'ensenyament i aprenentatge, considera que l'aprenentatge de les ciències és un procés d'enculturació més que d'auto-descobriments, on els alumnes s'introdueixen en una manera diferent de pensar i explicar el món, socialitzant-se en les pràctiques d'una comunitat científica (escolar) amb uns objectius concrets, unes maneres de mirar i unes maneres de donar suport a les afirmacions teòriques (Driver, Newton, & Osborne, 2000). Això és perquè, tot i que les persones aprenen construint i atribuint sentit al contingut (procés intern), l'apropiació de les maneres de fer i pensar de la ciència no es descobreixen individualment, sinó que la naturalesa cultural del contingut marca la direcció en la qual el procés de construcció de models es pot guiar des de fora. Tenint en compte això, "**els camins d'ensenyament i d'aprenentatge es tornen indissolubles**" (Jiménez Bargalló, 2016, p. 31), és a dir, que les fases de la instrucció coincideixen amb allò que volem que facin els alumnes (per exemple, en una fase d'exploració de models inicials proposarem als alumnes expressar/utilitzar els seus models inicials).

Conseqüentment, molts autors que intenten definir un **cicle de construcció de models** (Clement, 2008a) o bé de manera més detallada quines serien les diferents **fases de la instrucció centrada en models** o per modelitzar, les fan equivalents o corresponents amb els elements de la pràctica de modelització en els quals es pretén que s'involucrin els alumnes (Baek et al., 2011; Clement, 2008b; Hernández, Couso, & Pintó, 2015; Khan, 2007; Louca et al., 2011; Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008a). En aquestes propostes no queda clar si s'està parlant de l'objectiu didàctic, és a dir, el que volem que facin els alumnes (p. ex. que els alumnes utilitzin el model, l'avaluïn, etc.), o de l'estratègia o metodologia didàctica, és a dir, el que hem de fer com a professors per aconseguir-ho (p. ex. ancorar en el fenomen, promoure l'avaluació del model, etc.). Tenint en compte que l'ensenyament i l'aprenentatge de models es consideren camins indissolubles, és normal que les fases de la instrucció es considerin equivalents o la mateixa cosa que allò que volem que facin els alumnes. Ara bé, creiem que tot i ser equivalents i estar íntimament relacionades, no es poden considerar el mateix, i fer-ho pot portar a confusions i a dissenys instruccionals poc clars. De fet, creiem que és molt útil i fins i tot necessari que els docents i formadors tinguin una proposta de fases o cicle de modelització on es distingeixin aquests dos elements (les fases instruccionals i els objectius didàctics) de manera que els ajudi a dissenyar entorns d'ensenyament-aprenentatge adequats. Un dels objectius d'aquesta tesi és contribuir-hi en aquest sentit, proposant un cicle de modelització que distingeixi aquests dos elements.



En el marc de la instrucció centrada en models, que té com a premissa que el coneixement no es pot transmetre sinó construir, s'haurà de tenir en compte que aquesta construcció del coneixement s'inicia i depèn de les representacions internes que tenen els estudiants abans de la instrucció, és a dir, dels seus models mentals inicials. Aquests models mentals inicials, tot i que habitualment no coincideixen amb els de la ciència, no poden ser considerats conceptes erronis que cal canviar pel MCE, sinó com un coneixement compatible i útil per a **construir nous significats compartits** (Achér & Reiser, 2010; Campbell, Schwarz, & Windschitl, 2016). En aquest sentit, tal i com diu Jimenez Bargalló (2016), els estudis que han proposat una instrucció centrada en corregir o fer saltar abruptament els models dels alumnes demostren no haver tingut bons resultats. Estem d'acord amb Campbell i col·legues (2016) quan afirmen:

*“Quan les seves idees alternatives són “corregides”, els estudiants aprenen que les seves pròpies idees han de ser reemplaçades per altres idees que no entenen completament. Quan això passa, els estudiants probablement memoritzaran el coneixement “escolar” oficial però tornaran a les seves idees originals quan pensin o expliquin el món exterior, ja que, naturalment, raonen amb les seves pròpies experiències, llenguatge i regles del món real per validar afirmacions [...] Amb donar sentit, simplement volem dir treballar en i amb les idees, tant les idees dels estudiants (incloent les experiències, el llenguatge i les formes de coneixement) com les idees autoritàries en els textos i altres materials, de maneres que ajudin a generar connexions significatives.”* (Campbell et al., 2016, pp. 28–29).

A més a més, i d'acord amb diferents recerques (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994; Pozo, 1999), l'aprenentatge de les ciències no requereix, necessàriament, l'abandonament del raonament intuïtiu o “no científic”. L'aprenentatge de les ciències té més a veure amb la integració de les pràctiques i els objectius d'una **comunitat** (científica escolar) i amb *“imaginar maneres de representar el món en un nou sistema, en el qual el coneixement científic adquireix un nou sentit.”* (Jiménez Bargalló, 2016, p. 33).

En aquest sentit, una instrucció adequada haurà de promoure l'expressió i ús dels models mentals dels alumnes per anar construint sentit i coneixement, poc a poc i sense fer grans salts, sinó proposant un camí d'aprenentatge amb passos intermedis on cada vegada es pensi més d'una manera una mica més sofisticada, de manera que els alumnes vagin avançant cap a idees més “científiques” de manera natural.

Per aconseguir camí, des del marc de la instrucció centrada en models es considera que primer cal **identificar quin és el model científic escolar** apropiat on es vol arribar (o *“target model”* en anglès) (Rea-Ramírez, 2008) (veure apartat de “Models científics i models científics escolars”). Per tal d'aconseguir un aprenentatge significatiu (especialment d'aquells models complexos o difícils), caldrà també identificar quines **idees intermèdies** seleccionarem per ser treballades a l'aula de manera ordenada (allò que nosaltres hem anomenat idees clau del model), especificant com aquestes idees s'aniran connectant i aniran prenent forma en els models més sofisticats que els alumnes aniran construint.

A més de la importància de definir el model on es vol arribar i les idees intermèdies que s'hauran d'anar assolint progressivament, molts autors s'han preocupat d'investigar què hauria de fer l'instructor o professor per assistir l'alumnat durant aquest procés de modelització, puntualitzant que la instrucció és una influència educativa que no pot reemplaçar l'aprenentatge (ja que l'aprenentatge és una activitat mental que fan els estudiants quan construeixen significat i donen sentit), però sí promoure'l (Coll, 2001). Com afirmen alguns autors, la *“influència educativa es pot definir com els processos interpsicològics generals que són subjacents a suports específics i que ajuden a promoure i guiar la construcció de significats compartits al voltant dels continguts escolars”* (Coll & Onrubia, 1999; citat a Jiménez Bargalló, 2016, p. 22). Aquesta ajuda, influència o suport del professorat haurà d'estar ajustada a l'activitat, i per tant caldrà planificar-la i

realitzar-la sistemàticament a través de la definició d'unes estratègies concretes que promoguin transicions específiques entre el model inicial i el MCE.

Jimenez Bargalló (2016), en base a Coll i Onrubia (1999) integra algunes de les condicions que això implica tenint en compte les especificitats de la instrucció centrada en models: a) el professor ha de tenir en compte els models inicials dels alumnes; b) el professor ha d'ajudar-los a criticar, posar a prova i fer modificacions en els seus models, proposant reptes assumibles dins la zona de desenvolupament proper dins l'activitat que s'està realitzant; c) l'ajuda ha de ser variada en quantitat i qualitat i adaptada a les respostes donades pels alumnes; d) l'ajuda ha de ser coherent amb el MCE; e) l'ajuda ha de promoure la relació dialògica entre el model i el fenomen.

Amb la intenció de definir en què consisteix aquesta ajuda, diferents autors han investigat sobre aquest tema elaborant constructes similars, tot parlant de les **accions dels professors** (Justi, 2009), els **modos de discurs** (Campbell et al., 2012), els **tipus d'interaccions a l'aula** (Clement, 2008a), les **estratègies guies del professorat** (Khan, 2007), les **funcions o regulacions dels professor** (Aliberas, Izquierdo, & Gutierrez, 2013), les **estratègies per donar suport al "donar sentit" dels alumnes** (Campbell et al., 2016) o els **mecanismes d'influència educativa** (Coll & Onrubia, 1999; Jiménez Bargalló, 2016).

Els autors que parlen de les accions dels professors per donar suport al desenvolupament d'habilitats de modelització (Justi, 2009) mencionen algunes accions que pot fer el professorat en cada estadi del procés de modelització, com afavorir que els alumnes recordin models previs, ajudar-los a realitzar experiments mentals o ajudar-los a adonar-se de les possibles incoherències entre els seus models i les proves obtingudes. Altres autors (Campbell et al., 2012), presenten una sèrie de modes discursius per analitzar els processos de construcció del coneixement, com reformular (transformar el coneixement per fer-lo més comprensible), construir en base a allò compartit (en base a les idees noves introduïdes per algú altre), o el metadiscurs (parlar sobre allò que es farà a classe, etc.). Tot i que ens semblen interessants, aquests modes es centren més en l'efecte que poden tenir les accions del professorat (allò que passa a l'aula) que en allò que hauria de fer el professor per promoure-ho (el tipus d'instrucció o suport). Aquells qui parlen de les interaccions de classe (Clement, 2008a) es centren en accions molt generals del professorat per a promoure la construcció, l'avaluació i la revisió de models, com el mode competició (el professor estimula a discutir models contradictoris), el mode desconfirmació o modificació (el professor fa una pregunta que promou la crítica o modificació d'un model inicial), i el mode addició (el professor fa una pregunta i l'alumnat afegeix un nou element al model). Els autors que parlen d'estratègies guies del professorat (Khan, 2007) donen un llistat d'estratègies més concretes però poc estructurades en categories, entre les quals hi ha demanar als alumnes predir, preguntar als alumnes "què falla amb això?" o demanar als alumnes comparar. Aquells que parlen de les funcions o regulacions dels professor (Aliberas et al., 2013), s'enfoquen en allò necessari per ajudar a l'alumne a identificar la falta de coherència, correspondència o robustesa del seu model, a través de tres grans funcions: l'avaluadora, l'estimuladora i la reguladora. Altres autors (Campbell et al., 2016) mencionen algunes estratègies possibles per ajudar als alumnes a donar sentit al contingut científic, és a dir, a treballar amb les idees dels alumnes i les científiques per ajudar a l'alumnat a generar connexions significatives, i per tant no són específiques de la modelització sinó d'una instrucció no transmissiva on es vol que l'alumnat construeixi el seu coneixement. Alguns exemples d'aquestes són incloure cert grau d'incertesa en les activitats de manera que no es doni tota la informació a l'alumnat perquè l'hagi de "confirmar", promoure que l'alumnat utilitzi les seves pròpies idees o explicitar la manera de raonar sobre les idees (comparant-les o modificant-les en base a proves). Per últim, els autors que parlen de mecanismes d'influència educativa (Coll & Onrubia, 1999; Jiménez Bargalló, 2016) parlen en termes més generals, distingint entre els processos de construcció progressiva de significats compartits (per ajudar a l'alumnat a



construir coneixement) i els processos de transferència de responsabilitat (per promoure l'increment de l'autonomia de l'alumnat), però sense especificar mecanismes concrets per fer-ho.

En general, tots els autors esmentats fan referència al rol del professor i a les accions que pot realitzar com a docent per afavorir la modelització dels alumnes. En el nostre cas, on la docència es fa en grups grans d'alumnes universitaris, el grau d'autonomia de l'alumnat ha de ser necessàriament elevat i una part que considerem molt important és l'auto i co-regulació dels alumnes a l'aula. En aquest sentit ens fa falta un constructe més general que pugui donar compte d'allò que fan els propis alumnes per afavorir la modelització, a més a més de les estratègies utilitzades pel professorat o suggerides pel disseny instruccional en la tasca. El terme **mecanismes d'influència educativa** ens serveix per posar nom a això, ja que en aquest constructe es considera que tant els processos de construcció de coneixement com els de promoció de l'autonomia a l'aula, poden ser afavorits, encoratjats i orientats de tres maneres diferents: amb l'ajuda i el suport dels companys (interacció estudiant-estudiant), amb les interaccions del professorat i a través de la organització i funcionament de la institució educativa (Coll & Onrubia, 1999; Coll, 2001; Edwards & Mercer, 1988; Jiménez Bargalló, 2016). Com en el nostre cas no ens interessa tant l'organització i la cultura de la institució educativa en general (la formació de mestres) com la influència de la seqüència dissenyada o les tasques a realitzar, en aquesta recerca ens referirem a aquests mecanismes o estratègies que promouen l'activitat de modelització com **mecanismes d'influència didàctica**.

Si bé està clara la influència que tenen les demandes fetes pel professorat en el procés d'aprenentatge dels alumnes, des de la literatura es demanda la necessitat de més recerca per determinar els detalls sobre com això passa, quan aquesta influència és productiva i per què (Louca et al., 2011), ja que donar un suport efectiu als alumnes en aquests contextos és un repte encara important pel professorat. D'altra banda, la influència que poden tenir aquests mecanismes quan els realitza el propi alumnat és una àrea de la qual se sap poc i caldria investigar-la en més profunditat. Aquesta tesi vol contribuir-hi en aquest sentit, identificant quins mecanismes utilitzats pel professorat, per l'alumnat i a la pròpia tasca dissenyada promouen una **activitat de modelització** productiva a l'aula, entenent activitat de modelització tant en termes de les pràctiques com dels models. Independentment del tipus de processos d'influència que siguin (com els de construcció progressiva de significats compartits o els de transferència progressiva de responsabilitat) (Jiménez Bargalló, 2016), el nostre objectiu és identificar aquells mecanismes que poden fomentar l'aprenentatge dels models o la participació en unes pràctiques de modelització interessants.

Com a resum d'aquest apartat podem dir que la instrucció centrada en models és una proposta metodològica coherent amb les visions sobre i els objectius d'aprenentatge del marc de la pràctica científica presentat, que ens dóna algunes idees importants sobre com promoure la modelització a l'aula per a la construcció progressiva d'uns models científics escolars a partir dels models inicials dels alumnes. Des d'aquesta perspectiva, el procés d'aprenentatge implica fer participar als alumnes d'una pràctica de modelització en la qual els alumnes prenen un rol actiu, en raonar en base a proves per anar reformulant els seus coneixements conceptuals del contingut científic (Schwarz et al., 2009) i on el rol del professor és clau per guiar en aquest camí i ajudar als alumnes a anar incorporant un tipus de raonament "científic", de manera que es vagi donant un sentit i significat als coneixements construïts. Això es pot fer a través de diferents mecanismes d'influència didàctica, que poden ser promoguts pel professorat, la tasca o pel propi alumnat.

#### 2.4.1. Com ensenyar models i modelitzar: l'ACE

Des de la nostra perspectiva, que ens diferencia de molts dels autors que es troben dins del marc de la instrucció centrada en models, per a nosaltres **no es igual quin fenomen modelitzin els alumnes ni que ho**

**facin per construir qualsevol model.** És per això que necessitem concretar una mica més la proposta de instrucció centrada en models que utilitzem, que pretén que els alumnes construeixin uns models científics escolars clau i que com ja hem esmentat és **l'Activitat Científica Escolar (ACE)** (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003).

Quan un ensenyament es proposa fer avançar els models mentals dels alumnes cap a més sofisticats ho pot fer amb diferents estratègies. L'ACE com a enfocament didàctic és una proposta d'aula que considera (igual que la instrucció centrada en models) la **modelització** com la pràctica que més pot ajudar a anar progressant en aquest model. Ara bé, no creiem que sempre s'hagi d'utilitzar aquest enfocament didàctic a l'aula de ciències. Per exemple, si es pretén que els alumnes incorporin algunes idees senzilles i intuïtives, llegeixin críticament notícies científiques, o que aprengui a posicionar-se davant d'una controvèrsia socio-científica, no creiem que sigui necessari involucrar a l'alumnat en una activitat científica escolar de modelització. Ara bé, quan volem que els alumnes aprenguin alguna **idea potent o model clau de les ciències** (Harlen, 2010; NRC, 2012), que habitualment serà molt anti-intuitiva i costarà molt d'aprendre, considerem l'ACE com una proposta molt adequada, ja que participant d'una pràctica de modelització orientada a construir els MCE clau s'ha mostrat que s'aprenen de forma significativa les grans idees d'aquests models (Merino & Izquierdo, 2011; Paz, 2015).

Aquesta **Activitat Científica Escolar (ACE)** pretén fer viure a les classes de ciències una "activitat científica" genuïna, racional i raonable (Aliberas et al., 2013; Izquierdo et al., 1999; Izquierdo, 2005; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Izquierdo-Aymerich, 2013; Paz, 2015). Des del marc de l'ACE, que es basa en tres dimensions (pensar, actuar i comunicar), la participació en les pràctiques científiques escolars s'ha de fer des del punt de vista de **raonar, fer i parlar ciència** a la vegada, involucrant-se en pràctiques discursives, cognitives i socials anàlogues a les que es fan en ciència. Més concretament, participar d'una activitat científica escolar consisteix principalment en participar d'un procés d'atribució de sentit sobre el món natural utilitzant models teòrics escolars (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003), portant a terme *"una sèrie d'accions en les quals la modelització, les manipulacions físiques i les discussions estan interrelacionades per tal de promoure una reconstrucció racional dels fenòmens."* (Achér et al., 2006, p. 399).

La importància que es dona al món natural a l'ACE és una altra de les seves característiques clau, i fa que donar classe des d'aquesta perspectiva impliqui incloure en l'ensenyament la observació i experimentació de fenòmens. Això és així perquè l'ACE emula l'activitat científica pròpiament dita, on els **fenòmens paradigmàtics** són especialment rellevants per entendre, construir i comunicar els models científics, fins al punt que es podria considerar que certs fenòmens especials (que compleixen molt bé les regles del joc del model) pràcticament formen part d'allò que considerem un model científic. Tal i com afirma Izquierdo: *"una teoria científica [o model] conté en ella mateixa les seves aplicacions; és a dir, sense alguns fets interpretats significativament, la teoria no és res, no té cap valor"* (Izquierdo et al., 1999, p. 83). Des d'aquest punt de partida, també es creu que a l'hora d'aprendre i construir un model científic escolar clau, els fenòmens i fets paradigmàtics tenen un paper especialment rellevant:

*"El més important de la ciència escolar és la interrelació entre teoria científica i pràctica experimental i per això col·loquem l'experimentació al centre de l'educació científica, però ara donant importància a la medicació teòrica, que ens obliga a prendre'ns seriosament el món físic, modelat per les nostres accions en ell"* (Izquierdo et al., 1999, p. 84)

A l'aula de ciències, aquests fenòmens paradigmàtics es poden utilitzar per treballar cadascuna de les idees del model, de tal manera que aquells fenòmens o experiments escollits per realitzar a l'aula de ciències

“suggereixin” o “ajudin a copsar” les idees que volem fer emergir i no unes altres, és a dir, ajudin als alumnes a construir la idea clau del MCE que vulguem construir. Aquesta elecció de fenòmens i la seva seqüenciació/ordenació en idees clau ha d'estar molt ben feta i constitueix un repte de disseny instruccional, ja que es vol que siguin els propis alumnes els que generin noves entitats i processos adequats al seu nivell d'escolaritat que alhora tinguin cert grau de coherència amb els models científics consensuats.

Per tal que l'alumnat pugui realment discutir entorn aquests fenòmens paradigmàtics i sobre la seva coherència amb els seus models mentals, és clau promoure una **cultura d'aula on el diàleg, la discussió i el treball en grup** (tant en grup classe com en petits grups i parelles). Si l'aprenentatge es dona socialment en una comunitat característica que fa, parla i pensa d'una manera determinada, a l'aula de ciències s'haurà de promoure unes maneres de fer, parlar i pensar pròpies d'aquesta aula i coherents amb les de la ciència, i els alumnes hauran de poder participar activament en aquesta comunitat d'aprenents de ciències. En especial, la crítica i l'avaluació són eines clau tant en la construcció de coneixement científic com en la construcció de models escolars a l'aula de ciències (Osborne, 2014) i el professor haurà d'incorporar-les en les seves estratègies/mecanismes didàctics i convidar als alumnes a fer el mateix.

A més a més d'aquesta “cultura” d'aula que l'ACE espera promoure, en aquesta proposta didàctica es poden destacar certes fases o passos importants a seguir per promoure l'aprenentatge. Un dels passos fonamentals a l'hora de proposar un fenomen o experiment als alumnes, és l'**ancoratge** d'aquest, és a dir, fomentar la descripció explícita i el consens de les seves característiques fonamentals i el funcionament observat. Conèixer i tenir clar el fenomen/experiment és indispensable per poder interpretar posteriorment els resultats o el comportament d'aquest.

D'altra banda, una de les característiques més importants que ha de tenir present un docent que vol promoure una ACE, tant abans de la instrucció com durant aquesta, és el fet **d'enfocar-se de manera coherent i continuada en el desenvolupament del model conceptual** (o MCE) que es pretén ensenyar (Clement, 2000), i no en altres aspectes anecdòtics o de caire local que no contribueixen a la construcció del model. Per a això, entre d'altres coses, la tasca dissenyada i requerida a l'aula haurà d'incloure **preguntes de tipus explicatiu** (Per què...? Com explicaries..? Com pot ser...?) que promoguin l'ús del model mental, a més de les preguntes de tipus descriptiu pròpies de l'entorn experimental (Què ha passat? Què observes? Quines semblances i diferències...?). A més a més, caldrà incorporar preguntes que demanin **l'expressió explícita del model de manera detallada** (preguntant per aspectes concrets i no en termes generals), per mitjà de la construcció d'artefactes o eines (dibuixos, maquetes, analogies, simulacions, etc.) que ajudin als alumnes a explicitar les regles del joc que componen el seu model mental. Aquestes representacions explícites del model es poden recuperar en sessions posteriors, actuant com una mena de “pega” que manté les sessions instruccionals juntes i coherents, a més d'enfocar les sessions en el desenvolupament del MCE i no en la simple memorització de frases de vocabulari (Gobert, 2000a).

Tot i que no és el focus principal d'aquesta recerca, en la realització d'una ACE també serà important realitzar **reflexions de tipus “meta”**, tant de caire metodològic (sobre què significa aprendre ciències i com treballem a l'aula) com de caire epistemològic (sobre en què consisteix l'activitat científica i els models) (Schwarz & White, 2005; Schwarz et al., 2009). Tenint en compte que les maneres de treballar a l'aula de ciències quan fem una ACE són coherents amb les maneres de funcionar de la ciència, aquests dos tipus de reflexions estan molt relacionades i caldrà fer-les de manera integrada i relacionada amb el tipus d'activitat o discussió que es doni a l'aula en cada moment. No incloure aquests tipus de reflexió explícita (de caire metodològic i epistemològic) pot portar a uns alumnes excessivament acostumats a unes classes de ciències transmissives (on el professor comparteix amb els alumnes els models científics que han

d'aprendre) a no entendre quina és la manera de funcionar en un nou context ni s'ubiquin en el seu rol actiu en el desenvolupament de coneixement, portant a problemes d'actitud, falta d'interès o incertesa en l'alumnat. Caldrà, per exemple, fer explícit en algun moment que el procés d'aprenentatge en una instrucció on es pretén que els propis alumnes integrin i vagin construint uns models concrets a partir de les seves idees i del treball sobre uns fets paradigmàtics, alhora que anar aprenent i integrant també una manera determinada a mirar, pensar, fer i parlar; no és fàcil, ni és un procés passiu o sempre satisfactori: *“De la mateixa manera que gaudir jugant a voleibol o a tennis requereix superar unes etapes desanimadores en les quals les pilotes no arriben ni a la xarxa, aprendre ciències requereix superar fases d'aprenentatge en les quals no se sap ni com mirar, ni com explicar, ni com parlar sobre els fenòmens.”* (Sanmartí, 2002b, p. 37)

Aquesta meta-reflexió sobre com s'aprèn no resulta fàcil a l'alumnat, però és molt important i ha estat així explicitada per altres autors de l'àmbit.

*“La idea que els futurs models reemplaçaran el model científics consensuats actualment no és intuïtiva. Poden pensar en l'aprenentatge com a memorització del model expert en comptes de com a revisió del model. I poden ser impacients amb la idea d'aprendre un o més models intermedis com a graons o passos per arribar a un model més sofisticat. Podrien dir: ‘Per què no estalviar temps i simplement memoritzar el model final?’ La solució suggerida per Harrison i Treagust és que els estudiants necessiten desenvolupar una visió més sofisticada de com s'aprèn la ciència, juntament amb el propi contingut. [...] Aquesta és una de les formes en què ha de canviar l'ecologia conceptual de l'estudiant que va més enllà d'un enfocament estrictament cognitiu del contingut a aprendre i comença a incloure consideracions metacognitives”* (Clement, 2000, p. 1048).

#### 2.4.2. Com s'aprenen els models i a modelitzar: les progressions d'aprenentatge

Des de la perspectiva (socio)constructivista que mantenim sobre l'aprenentatge, nosaltres entenem el camí de re-estructuració i modificació dels models com una **evolució o progrés continu**, on les idees dels alumnes van avançant, en interaccionar amb altres idees, fent un camí o recorregut concret (*“learning pathway”* en anglès). Aquest **“camí d'aprenentatge”** es defineix com una seqüència de passos o estadis intermedis entre les idees inicials dels alumnes i els objectius d'aprenentatge (*“target performances”*) (Corcoran et al., 2009), que en el nostre cas són els models on volem arribar (Niedderer, Goldberg, & Duit, 1992) o models apropiats. Des d'aquesta perspectiva, els estadis (o models) intermedis no es consideren “idees errònies”, sinó idees que actuen com a graons o petits trampolins (*“stepping Stones”* en anglès) per a la construcció d'uns models mentals progressivament més complexos i semblants als dels experts (Clement, 2000; Duschl, Maeng, & Sezen, 2011; Nersessian, 2002; Rea-Ramírez, 2008). Com afirmen Michaels i col·legues (2008) en el conegut document *“Ready, set, Science!”*:

*“Allò que anomenem conceptes erronis poden ser els graons necessaris en un camí cap a un coneixement més acurat. Poden coexistir amb algunes idees acurades sobre el món natural. Les idees errònies poden ser la única manera plausible per a un nen de progressar cap a una comprensió més precisa de les concepcions científiques.”* (Michaels et al., 2008, p. 44).

Una manera de definir els diferents camins d'aprenentatge és a través del que es coneix com **progressions d'aprenentatge** (*“learning progressions”* en anglès). Tal i com les defineix el marc de la NRC dels EEUU:

*“Les progressions d'aprenentatge es defineixen com maneres de pensar sobre un tema successivament més sofisticades, que poden anar una darrere l'altra a mesura que els alumnes*

*aprenen sobre i investiguen un tema al llarg d'un ampli període de temps. Depenen de manera crucial de les pràctiques instruccionals perquè puguin produir-se.” (NRC, 2007, p. 214).*

De fet, en ocasions també es considera que les experiències i suports instruccionals necessaris per aconseguir aquesta progressió s'haurien d'incloure en la pròpia progressió (NRC, 2012).

Tot i que la definició general de progressió d'aprenentatge afirma que les progressions es donen al llarg d'un “ampli període de temps”, a la literatura coexisteixen progressions que fan referència a tota l'escolaritat amb altres de menor escala, que poden descriure els canvis d'aprenentatge que es donen al llarg d'un període de temps relativament curt (com una seqüència didàctica). Per tant, les progressions d'aprenentatge s'haurien de considerar simplement com a eines per descriure i identificar com progressa o madura la comprensió d'una idea o la capacitat de raonament per part de l'alumnat al llarg el temps (sigui aquest llarg o curt).

Aquestes progressions d'aprenentatge estan delimitades per un suport o **ancoratge superior** (“upper anchor” en anglès), definit com allò que s'espera que els alumnes sàpiguen o siguin capaços de fer al final de la progressió; i un suport o **ancoratge inferior** (“lower anchor” en anglès) definit com les assumpcions sobre el coneixement i capacitats dels alumnes quan comencen la progressió. Finalment, les progressions descriuen els diferents nivells d'assoliment entre els dos ancoratges amb el terme de **passos intermedis** (Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Duschl et al., 2011; Gotwals & Songer, 2013).

Segons diversos autors (Corcoran et al., 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Duschl et al., 2011; Gotwals & Songer, 2013; NRC, 2007, 2012; Pellegrino, 2014; M. R. Wilson, 2009), les progressions d'aprenentatge són útils per diversos motius: 1) per **guiar el disseny de seqüències** o instruccions eficaces (ja que permeten establir les diferents fases de la instrucció en un ordre coherent), 2) per **millorar i facilitar l'avaluació** (ja que permeten que cada alumne demostrï cert grau de coneixement i que el professor pugui interpretar-ho i mesurar-ho segons un grau d'assoliment del contingut a un estadi o moment determinat) i 3) per **alinejar el currículum amb l'avaluació** (ja que la mateixa progressió serveix per fixar els objectius d'aprenentatge i per saber on situar un alumne que demostra un coneixement o capacitat concreta).

D'altra banda, les progressions d'aprenentatge es poden construir per identificar l'evolució dels alumnes respecte diferents tipus de continguts: conceptuals, procedimentals i /o epistèmics i també sobre les pràctiques que integren tots ells. Respecte els **continguts conceptuals** s'han fet diverses progressions d'aprenentatge de diferents models, com del model de matèria/partícula i de canvi químic (Smith et al., 2006; Smith, Wiser, & Carraher, 2010; Stevens, Delgado, & Krajcik, 2009; Talanquer, 2009), del model de flotació (Heritage, 2008; Kennedy & Wilson, 2007; Leuchter, Saalbach, & Hardy, 2014; M. R. Wilson & Bertenthal, 2005), del model de forces i moviment (Alonzo & Steedle, 2009; Fulmer, Liang, & Liu, 2014) o del model d'ones (Hernández et al., 2015); entre molts altres. En relació a les pràctiques, s'han realitzat progressions sobre la pràctica de modelització (Schwarz et al., 2009), d'indagació (Sikorki, Winters, & Hammer, 2009) o d'argumentació (Berland & McNeill, 2010).

Un dels aspectes més importants per classificar els tipus de progressions d'aprenentatge és la seva **naturalesa teòrica o empírica**. Tot i que les progressions determinen els camins que poden seguir els alumnes al llarg d'una instrucció (tant de continguts conceptuals com de continguts pràctics), algunes d'aquestes hipotetitzen quin camí *haurien de seguir* o per quins passos entremetjats haurien de passar els alumnes per anar avançant en nivell de complexitat respecte una idea o contingut, mentre que d'altres descriuen el camí *real* que segueixen els alumnes quan avancen respecte una idea o contingut. Les primeres, tot i que tenen en compte estudis previs sobre l'aprenentatge del contingut o disciplina, són propostes de progressions hipotètiques, inferencials o idealitzades, i per això se les anomena progressions

teòriques. Les segones es basen sobretot en evidències i observacions d'allò que fan o aprenen els alumnes i per això se les pot anomenar progressions empíriques.

Les **progressions teòriques** són idealitzades perquè pretenen definir una progressió d'idees curriculars al llarg de tota l'escolaritat. És a dir, defineixen els models científics escolars apropiats (o les pràctiques científiques) que els alumnes haurien d'assolir en cada curs o etapa, i per tant tots els estadis intermedis de la progressió es poden considerar versions adients o en coherència amb els coneixements científics. Les progressions proposades per alguns currículums oficials com el "*Next Generation Science Standards*" dels EEUU (NGSS Lead States, 2013) o el "*Victoria Science Continuum*" a Austràlia (ambdós basats en el "*Project 2061 Atlas of Science Literacy*" (AAAS, 2001) són de tipus teòric. Aquestes progressions que defineixen un camí hipotètic al llarg de l'escolaritat són teòriques perquè en realitat no existeixen estudis longitudinals a llarg termini sobre l'aprenentatge que fan els alumnes respecte un tema (Gotwals & Songer, 2013). Per establir els ancoratges superiors d'aquestes progressions, es té en compte l'anàlisi conceptual del tema o domini (ex. cinemàtica) i el nivell que s'espera que tinguin els alumnes respecte un tema al final de l'escolaritat (segons el currículum i les expectatives de la societat) (Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Neumann, Viering, Boone, & Fischer, 2013). Els models inicials i intermedis estan basats també en l'anàlisi sobre el domini i en resultats de recerca sobre concepcions dels alumnes i dificultats d'aprenentatge, però aquestes progressions no s'han comprovat empíricament. De fet, a la literatura es reconeix que la recerca en aquest àmbit és incompleta i que és necessari validar aquestes progressions empíricament (Gotwals & Songer, 2013; Neumann et al., 2013).

Les **progressions empíriques** descriuen el camí que fan realment els alumnes (no de cadascun d'ells, sinó en termes generals) quan avancen en una àrea de coneixement (model o pràctica) al llarg d'una instrucció determinada. Això implica que aquestes progressions no són a llarg termini (tota l'escolaritat) com en el cas de les progressions teòriques, sinó molt més a petita escala temporal (un curs, una seqüència didàctica, unes sessions, etc.) Es basen en l'anàlisi dels coneixements i capacitats que mostren els alumnes al llarg d'una instrucció concreta i en relació a un àmbit de coneixement (un model científic o una pràctica científica) i per tant estan basades en proves i validades empíricament. Si bé és cert generalment es fonamenten en les recerques sobre concepcions i dificultats dels alumnes i en l'anàlisi del tema o domini, les progressions empíriques estan sobretot fonamentades en observacions d'allò que son capaços de fer i raonar els alumnes al llarg de la instrucció. Tot i que es poden considerar progressions teòriques validades empíricament (Corcoran et al., 2009; Duschl et al., 2011), en ser fortament contextuals (dependre en part del disseny instruccional) la seva capacitat de generalització està en discussió.

Els currículums d'alguns països (AAAS, 2001; NGSS Lead States, 2013; NRC, 2007, 2012) i algunes recerques (Gotwals & Songer, 2013; Gunckel, Covitt, & Anderson, n.d.; Lehrer & Schauble, 2012; Songer, Kelcey, & Gotwals, 2009), han intentat desenvolupar esquemes de possibles progressions (teòriques) tant de les pràctiques científiques com dels conceptes o idees clau, argumentant que si una progressió d'aprenentatge consisteix en "maneres més sofisticades de pensar sobre un tema", la progressió hauria d'incloure tant la seqüència cada vegada més sofisticada de temes conceptuals com la seqüència cada vegada més sofisticada d'eines de raonament científiques (modelització, indagació, etc.). Des del nostre punt de vista, però, tenint en compte que la naturalesa d'aquesta relació entre continguts conceptuals (en el nostre cas models) i pràctiques (en el nostre cas de modelització) encara no estan clars (Gotwals & Songer, 2013; NRC, 2007), i l'elevat cost d'analitzar-los en una recerca, no hem vist possible analitzar simultàniament les seqüències de contingut conceptual i pràctic en aquesta tesi. Sí ens hem involucrat en un primer pas important en aquesta línia, que és el de definir unes progressions d'aprenentatge clares per a alguns



models científics escolars concrets (i per tant del contingut conceptual) i importants a nivell de primària i de la formació inicial de mestres.

Aquesta recerca pretén construir unes progressions d'aprenentatge empíriques sobre uns models científics escolars clau a l'aula de primària, i veure com els alumnes van avançant des dels seus models mentals inicials a aquests MCE apropiats. En el nostre cas, per identificar o analitzar de quina manera els models mentals dels alumnes s'acosten més o menys al model científic escolar (és a dir, quins són l'ancoratge inferior i els passos intermedis) de manera empírica, en el nostre cas ens fixem en les **versions del model científic escolar** que tenen en major nombre els alumnes en un moment donat, ordenant aquestes versions de les més llunyanes a les més properes al MCE.

Intentant superar algunes mancances importants identificades en diverses progressions d'aprenentatge, on es va veure que no es desenvolupaven idees clau centrals en la ciència i que es presentaven com porcions de coneixement massa discretes i inconnexes que semblaven promoure la memorització de fets (NRC, 2012), en el nostre cas enfoquem les progressions d'aprenentatge en dos models clau: el canvi químic i la interacció mecànica aplicada a la flotació. En els MCE definits (ancoratge superior) i les diferents versions del model (ancoratge inferior i passos intermedis) s'integren de manera coherent els diferents coneixements o idees que componen el model. La manera d'integrar aquestes porcions de coneixement o conjunt d'idees clau del model (també anomenades variables de progrés) ha estat integrant coherentment les proves empíriques obtingudes i el coneixement teòric sobre aquell model. Tal i com afirmen Corcoran i col·legues, això ens ha permès *“donar compte d'una representació cognitiva subjacent que porta a esperar uns nivells d'assoliment iguals o comparables al llarg de les variables”* (Corcoran et al., 2009, p. 38). En el nostre cas, els dos MCE (canvi químic i flotació) s'han dividit en dos sub-models cadascun, seguint un tipus de coherència ja descrita en un apartat anterior (*“Models científics i models científics escolars”*): si es tracta d'un model de naturalesa descriptiva o en termes de propietats o un model de naturalesa interpretativa o en termes teòrics.

## 2.5. La formació inicial de mestres

L'últim apartat d'aquest marc teòric s'enfoca en la formació inicial de mestres de primària perquè és el context en el qual hem incorporat una formació (instrucció) centrada en models, concretament una activitat científica escolar de modelització. En els sub-apartats a continuació justifiquem la importància de començar a promoure la modelització a primària i a continuació per què i com incorporar la metodologia de l'ACE en la formació inicial de mestres.

### 2.5.1. Situació de la modelització a l'escola primària

Diferents autors (Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Duschl et al., 2011; Leuchter et al., 2014; NRC, 2012) defensen començar a treballar per models (a construir versions senzilles de MCE) i incorporar la pràctica de modelització ja en els primers anys d'escolaritat, argumentant que d'aquesta manera s'assenten les bases per anar progressant cap a models més sofisticats en anys posteriors i anar incorporant maneres de pensar anàlogues a les dels científics.

*“Concepcions recents de l'aprenentatge de les ciències com a progressions d'aprenentatge amb conceptes de ciències successivament més avançats en diferents dominis (Duncan i Hmelo-Plata, 2009; Duschl, Maeng, i Sezen, 2011) donen suport a fer un èmfasi en una base conceptual en els primers anys (Trundle & Saçkes, 2012).”* (Leuchter et al., 2014, p. 1752).

Introduir la modelització a primària és important perquè, tal i com han suggerit altres recerques, les pràctiques de modelització s'han de fomentar de manera sistemàtica i acumulativa, en comptes de donar-les per fet o intentar treballar-les de cop a nivells superiors de l'escolaritat (Lehrer & Schauble, 2010). Des d'aquest punt de vista, i degut a la significativitat que té la instrucció centrada en models o l'ACE per a la construcció de nou coneixement i pel pensament científic, s'esperaria que això s'emfatitzés des dels primers anys d'escola i que es desenvolupes al llarg dels anys posteriors, sense esperar a que els alumnes arribin a secundària o a batxillerat per començar.

Tot i així, a les escoles no s'està fent: la modelització no forma part de les pràctiques que es duen a terme habitualment a l'aula de primària (Schwarz & Gwekwerere, 2007; Windschitl et al., 2008b), sinó que en general encara preval un enfocament en els productes (conceptes acabats) en lloc de en els processos (modelització) de la ciència (Duschl & Grandy, 2008). De fet, quan els models apareixen a les escoles, usualment juguen un rol il·lustratiu (s'ensenya el model, es a dir, una expressió del mateix) sense que es fomenti l'activitat de modelització per a construir-los (Lehrer & Schauble, 2012; Windschitl et al., 2008b).

Els motius que s'acostumen a argumentar per l'exclusió quasi generalitzada dels models i la modelització a les aules de primària són generalment de dos de tipus: didàctic (mancances en la formació docent que ajudi a reconèixer la instrucció centrada en models com una bona forma d'ensenyar) i de tipus cognitiu (creences sobre les limitades capacitats cognitives dels nens i nenes).

En primer lloc, s'ha vist que els docents en actiu no saben com incorporar aquestes metodologies a l'aula i quan ho intenten el hi apareixen molts reptes i barreres concretes (R. Anderson, 2002; Schwarz & Gwekwerere, 2007). De fet, la situació és problemàtica perquè els mestres novells sovint tendeixen a confiar molt en els currículums i en els llibres de text sense una visió crítica ni amb la capacitat de reconèixer les seves potencialitats o les limitacions, de manera que tenen dificultats per utilitzar-los com a suport per a una instrucció més adequada (com la ACE) o de no utilitzar-los si no els consideren oportuns (Schwarz et al., 2008). Això ens indica la necessitat d'una formació (tant inicial com continuada) que doni als docents les eines i el coneixement necessaris per començar a replantejar-se el contingut a ensenyar i la metodologia d'aula, de manera que vagi incorporant la modelització a les seves classes (futures o actuals).

En segon lloc, els models sovint es consideren inadequats per a alumnes petits (Schwarz et al., 2009) perquè es creu que els alumnes no són capaços del pensament abstracte, una creença íntimament lligada a la idea que l'educació científica es redueix a l'aprenentatge de teories i lleis definides per la comunitat científica i a una interpretació limitada de la visió piagetiana d'estadis evolutius de l'alumnat (Pujol, 2003). Ara bé, contràriament a aquestes concepcions sobre el desenvolupament, que eren molt comunes fa 30 o 40 anys, actualment s'ha vist que els infants són capaços tant de pensar en concret com en abstracte (NRC, 2007). Tal i com afirma el mateix document de la NRC:

*"En l'ensenyament de les ciències, s'ha suposat freqüentment que el desenvolupament és una espècie de desplegament inevitable i que hom simplement ha d'esperar fins que el nen està cognitivament "a punt" pels continguts de tipus més abstracte o teòric. [...] La literatura en desenvolupament cognitiu simplement no dona suport a aquesta hipòtesi. [...] En poques paraules, els nens petits tenen un ampli repertori de capacitats cognitives relacionades directament amb molts aspectes de la pràctica científica, i és problemàtic veure això com un simple producte del desenvolupament cognitiu. Les investigacions actuals indiquen que els estudiants no passen per etapes generals de desenvolupament cognitiu, i que no hi ha "períodes crítics" per a aprendre aspectes particulars de la ciència. Per contra, les capacitats cognitives directament relacionades amb la pràctica científica usualment no es desenvolupen completament en i per si mateixes, sense*



*cap instrucció, tant en nens com en adults. Aquestes capacitats necessiten ser alimentades, sostingudes i desenvolupades en entorns d'aprenentatge adequats que proporcionin un suport efectiu i alhora ser considerades importants a través de l'avaluació.” (NRC, 2007, pp. 42, 44–45).*

Degut a que algunes d'aquestes idees encara romanen presents, s'han dut a terme pocs estudis sobre modelització als primers anys d'escolaritat. A més, com encara es creu que els alumnes petits són incapaços de construir o abstraure entitats i processos dels models científics escolars, el tipus d'ensenyament que s'ha realitzat a nivell de primària és sobretot de tipus descriptiu (Achér et al., 2006). Ara bé, estem d'acord amb Ácher i col·legues (així com amb els autors anteriors) en que els alumnes joves i petits són capaços de participar d'una activitat científica escolar de modelització en la qual ells construeixin noves entitats i processos, sempre apropiats pel nivell escolar en el qual es trobin.

### 2.5.2. La incorporació de la modelització i els models a la formació inicial de mestres

Per canviar la situació a les aules s'ha de **començar amb la formació del professorat**, i especialment la formació inicial. D'acord amb la literatura i el nostre currículum oficial, els mestres de primària han de poder aconseguir que els seus estudiants assoleixin la competència i alfabetització científica. Com hem comentat als apartats anteriors, els ambients d'aprenentatge més efectius per aconseguir-ho són aquells on els estudiants poden utilitzar i millorar el seu raonament científic en el context d'una activitat científica escolar autèntica, genuïna i anàloga (però no igual) a l'activitat científica real (Izquierdo et al., 1999; Jiménez Bargalló, 2016).

Mentre que la formació del professorat és reconeguda com un factor clau per assegurar un alt nivell d'educació i els resultats educatius positius (OECD, 2005), alhora la formació inicial de mestres de primària es reconeix com a problemàtica (Osborne & Dillon, 2008), especialment quan es tracta de les pràctiques científiques.

La complexitat d'aquestes pràctiques, però, planteja **grans reptes** a la formació inicial de professors novells, especialment pel fet que aquests futurs mestres habitualment no tenen l'expertesa, l'experiència ni el coneixement conceptual i epistemològic d'aquesta aproximació didàctica, que els hi permeti participar efectivament en aquestes pràctiques (Kelly, 2013) i incorporar-les en un futur a les seves classes (Cullin & Crawford, 2004; Danusso, Testa, & Vicentini, 2010; Harrison & Treagust, 2000; Henze, van Driel, & Verloop, 2008; Justi & Gilbert, 2002; Justi & van Driel, 2005; Schwarz, 2009; Windschitl et al., 2008b).

Això és perquè la majoria de mestres en formació mai han après a través d'aquesta metodologia (ACE). De fet, els futurs docents tenen una àmplia experiència com estudiants (porten tota la seva escolaritat sent alumnes), la qual els ha portat a construir unes creences, concepcions i actituds respecte l'ensenyament de les ciències, el contingut científic a ensenyar a l'aula i la ciència i activitat científica en general (Kagan, 1992; Martínez Chico, López-Gay Lucio-Villegas, & Jiménez Liso, 2014; Pajares, 1992).

A aquest coneixement se l'ha anomenat “pensament docent espontani” o “pensament de sentit comú” i té una influència molt gran en el futur docent “*perquè respon a experiències reiterades i s'adquireix de forma no reflexiva com una cosa natural, òbvia, de 'sentit comú', escapant així a la crítica i convertint-se en un veritable obstacle.*” (Gil Pérez, 1991, p. 73). El fet que els futurs mestres manquin d'experiències alternatives a les tradicionals o de tipus transmissiu, fa que els hi sigui difícil imaginar-se altres tipus d'enfocs didàctics i saber com portar-ho a l'aula (Avraamidou & Zembal-Saul, 2010; Martínez Chico et al., 2014).

Concretament, no entenen les complexitats i subtileses epistemològiques de les pràctiques científiques com la modelització o dels models científics (Grosslight et al., 1991; Gutierrez, 2014; Justi & van Driel, 2005; Van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001), i encara menys saben com involucrar als alumnes de manera efectiva en la pràctica de modelització (Justi & Gilbert, 2003; Schwarz & Gwekwerere, 2007). Per tant, és evident que els futurs mestres necessitaran, d'una banda, suport amb les pràctiques i també amb les idees científiques (o models) promogudes per aquelles pràctiques (NRC, 2007), i d'altra banda, suport amb el coneixement didàctic del contingut per incorporar l'ACE a l'aula de primària i promoure així la modelització per a la construcció de models.

En primer lloc, per tant, és necessari que els futurs mestres tinguin un **coneixement disciplinar** o del contingut conceptual ("*Content Knowledge*", CK en anglès) adequat en ciències. Això implica, per a nosaltres, l'aprenentatge d'uns Models Científics Escolars clau (MCE) per a primària. Si bé és cert que no podem assistir als futurs mestres en la construcció de tot el coneixement del contingut conceptual necessari per a l'ensenyament i per començar la seva professió docent (Avraamidou & Zembal-Saul, 2010), sí que podem proposar-los construir uns pocs MCE importants (com el model canvi geològic, matèria/partícula, canvi químic, moviment i forces, flotació, ésser viu) que els hi serveixin com a "model" o exemple representatiu, tant per reconèixer les particularitats que suposa l'aprenentatge d'idees clau de cada disciplina (geològica, física, biologia, química) com per identificar la dificultat o el repte que suposa però alhora la possibilitat de construir aquests models (si es fa amb les metodologies adequades). Si volem aconseguir que els futurs mestres adquireixin un coneixement del contingut adequat, concretament, uns MCE clau, la manera més adequada, tal i com s'ha argumentat en apartats previs ("*Argument de l'aprenentatge*"), serà participant d'una pràctica científica de modelització per a construir aquests models, i l'enfocament didàctic adequat per aconseguir això serà el de l'Activitat Científica Escolar (ACE) de modelització.

En segon lloc, si volem aconseguir que els futurs mestres adquireixin un **coneixement didàctic del contingut** ("*Pedagogical Content Knowledge*", PCK en anglès) (Shulman, 1986) adequat que els hi permeti en un futur involucrar als seus alumnes en les pràctiques científiques de modelització, primer haurien de ser capaços de participar activament i adequadament en aquestes pràctiques (Davis, 2003) i fer-se-les seves. És a dir, per poder aprendre com ensenyar ciències a l'aula de primària hauran de primer tenir experiències de participació directa i en primera persona de les metodologies didàctiques que després hauran d'aplicar: concretament, la participació en una ACE de modelització.

Hem de tenir en compte que tot el cos de coneixement didàctic del contingut (PCK) és molt complex i inclou molts aspectes: implica comprendre els conceptes més importants de l'ensenyament i aprenentatge de la disciplina però també conèixer com aplicar aquest coneixement a noves situacions. En concret, el coneixement didàctic inclou conèixer quins conceptes de la disciplina són els més apropiats pels estudiants de certa edat, com els estudiants arriben a entendre aquests conceptes, quines són les concepcions alternatives que acostumen a tenir, i quines representacions, exemples i experiències els ajuden a aprendre (Couso, 2009; Hammerness, Darling-Hammond, & Bransford, 2005; Shulman, 1986), a més de quines regulacions o mecanismes d'influència didàctica són productius a l'aula. Som conscients que fent participar als futurs mestres d'unes metodologies d'aula adequades (és a dir, ensenyant aquest coneixement implícitament o vivencialment) no és suficient perquè els alumnes adquireixin tota la profunditat i complexitat d'aquest coneixement. Ara bé, donades les limitacions de temps i la quantitat d'altres tipus de coneixements que aquests alumnes han d'aprendre (d'altres disciplines, de pedagogia general, etc.), creiem que la participació en aquestes pràctiques és la millor manera (si no la única) d'incorporar uns primers coneixements didàctics. Això és perquè només **tenint l'experiència de que amb aquella metodologia**

**didàctica s'aprèn, i experimentant en primera persona els detalls i les característiques d'una metodologia d'ensenyament-aprenentatge adequada** (l'ACE de modelització) seran capaços els futurs mestres de portar-ho després a l'aula amb els seus alumnes (Martínez-Chico et al., 2014; Martínez-Chico, 2013). En aquest sentit, estem d'acord amb Osborne en que:

*“El deure del formador de mestres és assegurar-se que els fonaments són sòlids i que el futur mestre és conscient dels tipus de coneixement necessaris per ensenyar i la seva funció. En essència, que l'objectiu de demanar als estudiants participar en les pràctiques no és només per desenvolupar una comprensió de les idees centrals de la disciplina, sinó també una comprensió procedimental i epistèmica.”* (Osborne, 2014, p. 192).

Aquesta investigació es centra en una formació inicial de mestres centrada en l'ACE de modelització (és a dir, fent participar als alumnes d'una pràctica científica escolar de modelització), que pretén que els futurs mestres construeixin uns pocs MCE clau de geologia, química, física i biologia; que tinguin l'experiència i aprenguin a participar d'una pràctica científica genuïna com la modelització, i finalment que reflexionin i valorin la metodologia didàctica en la qual han participat (l'Activitat Científica Escolar) com un enfocament interessant per a l'ensenyament de les ciències (concretament, dels MCE clau) a primària.

## CAPÍTOL 3.

# OBJECTIUS I PREGUNTES DE RECERCA

---



En base al marc teòric descrit en la secció anterior, en aquesta tesi volem investigar què passa en relació a la modelització i els models en una formació inicial de mestres de primària que ho promogui. Com ja s'ha mencionat a la introducció d'aquesta tesi, això implica transformar una assignatura de ciències del grau de primària per tal que es centri no només en el contingut conceptual (models científics escolars) sinó que també incorpori la pràctica científica de modelització escolar, així com analitzar què passa en aquest context en termes de la modelització, models i mecanismes d'influència didàctica.

En aquest sentit, aquesta tesi es divideix en dos estudis principals. El primer es centra en analitzar la transformació de l'assignatura, amb l'objectiu de conèixer a fons aquest procés i proposar uns instruments didàctics que siguin útils per dissenyar i implementar entorns d'aprenentatge que es centrin en la modelització i els models. El segon es centra en investigar la pràctica de modelització (la capacitat dels alumnes en participar de les diverses pràctiques de modelització) i l'assoliment dels models (la capacitat d'usar un model científic escolar adequat per explicar fenòmens) dels futurs mestres de primària, així com conèixer quins detonants o mecanismes didàctics influencien l'activitat de modelització que es dona a l'aula. La intenció d'aquest segon estudi és doble: aportar noves idees o implicacions per la recerca i suggerir implicacions didàctiques d'utilitat per la comunitat docent.

En concret, en aquesta tesi ens plantegem les diverses preguntes de recerca que s'enumeren a continuació, les quals s'agrupen dins de cadascun dels objectius de cada estudi (estudi 1 i estudi 2).

### 3.1. ESTUDI 1: Anàlisi de la transformació de l'assignatura “Didàctica de les ciències experimentals” a la formació inicial de mestres de primària

**Objectiu 1.1:** Analitzar el procés de transformació d'una assignatura basada en models (enfocament conceptual) a una basada en la modelització (enfocament en la pràctica científica).

- 1.1.1. Quines són les limitacions de l'assignatura i les alternatives de disseny proposades?
- 1.1.2. Quina rellevància tenen les limitacions identificades i com evolucionen al llarg de la transformació de l'assignatura?
- 1.1.3. Com evoluciona la rellevància de les diferents tipologies de limitacions al llarg de la transformació de l'assignatura?
- 1.1.4. Quins són els principis de disseny que requereix una transformació d'una assignatura d'aquest tipus?

**Objectiu 1.2.:** Dissenyar instruments per promoure la modelització i la construcció de dos models concrets

- 1.2.1. Construir un cicle de modelització i la seva seqüència instruccional per guiar el disseny de seqüències didàctiques que promoguin la participació dels estudiants en pràctiques de modelització i l'aprenentatge de models.
- 1.2.2. Definir una expressió dels Models Científics Escolars (MCE) de canvi químic i de flotació en forma d'idees clau seqüenciades.

#### Producte didàctic

- Dues seqüències didàctiques per promoure la construcció dels MCE de canvi químic i de flotació, seguint el cicle de modelització proposat i la seqüència d'idees clau dels MCE.

## 3.2. ESTUDI 2: Anàlisi de la modelització, els models i els mecanismes d'influència didàctica en la formació inicial de mestres de primària

**Objectiu 2.1:** Identificar en quines pràctiques de modelització s'involucren els futurs mestres.

2.1.1. Com evoluciona la participació dels futurs mestres en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència instruccional?

2.1.2. Quins patrons de modelització es donen en les discussions entre els futurs mestres en cadascuna de les fases?

**Objectiu 2.2:** Analitzar com varia el domini dels models de canvi químic i flotació dels futurs mestres.

2.2.1. Quines progressions d'aprenentatge empíriques dels MCE de canvi químic i flotació s'identifiquen?

2.2.2. Com evoluciona el model dels futurs mestres al llarg de la seqüència instruccional?

2.2.3. Quins patrons de variació del model es donen en moments concrets de discussió entre els futurs mestres?

**Objectiu 2.3:** Identificar quins mecanismes d'influència didàctica promouen l'activitat científica de modelització a l'aula.

2.3.1. Quins mecanismes d'influència didàctica es donen i qui els promou?

2.3.2. Quina influència tenen els mecanismes més abundants en l'activitat de modelització?

## CAPÍTOL 4.

# ESTUDI 1: ANÀLISI DE LA TRANSFORMACIÓ DE L'ASSIGNATURA "DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS" A LA FORMACIÓ INICIAL DE MESTRES DE PRIMÀRIA

---





## Introducció

Tal i com s'ha explicat al marc teòric general (capítol 2), des del marc de pràctiques científiques es reclama un ensenyament de les ciències en què els estudiants participin d'una activitat científica escolar anàloga a la de la ciència. Incorporar pràctiques científiques com la modelització a la formació inicial de mestres és essencial perquè aprenguin uns models científics escolars clau i participin d'unes pràctiques de modelització adequades, per tal que experimentin com a alumnes l'enfocament didàctic que hauran d'aplicar com a futurs docents. Ara bé, dissenyar formacions adequades planteja grans reptes.

En aquest estudi 1 reportem el disseny, implementació i anàlisi iterativa d'una assignatura del grau de primària centrada en models (enfocament conceptual) a una centrada en la modelització (enfocament en la pràctica) des del marc metodològic de la Recerca Basada en el Disseny (RBD). Així mateix, dissenyem uns instruments útils per promoure la modelització i la construcció de dos models concrets. En concret, reportem la transformació que es va dur a terme de manera col·laborativa per l'equip investigador i l'equip docent de l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals" de 3<sup>er</sup> del grau de primària de la UAB, en cadascun dels cicles d'iteració, amb els objectius de 1) donar a conèixer allò que passa en el procés de transformació iterativa d'una assignatura d'acord amb el marc de modelització i 2) refinar el nostre coneixement sobre el disseny d'entorns d'aprenentatge centrats en la modelització.

Els apartats a continuació detallen allò que hem fet, com ho hem fet i els resultats que hem obtingut. En primer lloc presentem el **marc metodològic**, on justifiquem per què ens situem en la RBD (4.1.). A continuació presentem el **context** d'aquest estudi, és a dir, on se situa la transformació i anàlisi realitzada (4.2.). Posteriorment es presenta el **primer objectiu de recerca** (4.3.), detallant el procés de recollida i anàlisi de dades, els resultats obtinguts de l'anàlisi iterativa i la discussió d'aquests. En el següent apartat, es presenta el **segon objectiu**, en aquest cas **didàctic** (4.4.), on s'explica el procés de construcció d'un cicle de modelització i la definició dels MCE de canvi químic i flotació. Finalment, es presenten i s'expliquen els productes obtinguts de l'estudi: unes **seqüències didàctiques** per promoure la construcció dels MCE de canvi químic i de flotació, seguint el cicle de modelització i la progressió d'idees clau dels models proposats. Les seqüències didàctiques proposades són les que es van implementar durant el curs 2015-16 en l'assignatura i conformen el context on es va realitzar la recerca principal de la tesi, reportada a l'estudi 2 d'aquesta tesi.

### 4.1. Marc metodològic

D'acord amb com hem expressat en el marc teòric, la nostra voluntat d'analitzar les pràctiques de modelització dels futurs mestres, implica o requereix tenir un escenari de formació en el que es potenciïn o es possibilitin aquestes pràctiques. Aquest primer estudi neix de la necessitat de generar un context utilitari en aquest sentit.

L'assignatura de ciències més important, central i desenvolupada del grau de primària, per ser la última que fan de ciències els futurs mestres de manera obligatòria en el 3<sup>er</sup> any, és la de "Didàctica de les ciències experimentals". Es va escollir aquesta assignatura perquè és un curs on els alumnes ja tenen un grau de maduresa més gran i poden entendre aquestes pràctiques més complexes. Després d'unes primeres observacions de l'assignatura es va identificar que, tot i tenir potencial de ser un bon context, per estar centrada en la construcció dels models científics escolars, no s'enfocava a fer participar als alumnes explícitament en pràctiques de modelització. En aquest sentit, i d'acord amb l'equip docent de l'assignatura i el context concret en el que ens

trobàvem, es va veure la necessitat d'iniciar un procés de transformació d'aquesta assignatura perquè fos un escenari més adient al marc en el qual estàvem treballant. Cal tenir en compte que l'equip investigador formava part de l'equip docent de l'assignatura i que la confiança prèvia existent amb l'equip docent facilitava des de l'inici la comunicació entre investigadores i professores, així com el treball de transformació de l'assignatura.

Aquest procés de transformació es va realitzar des de la perspectiva de la **Recerca Basada en el Disseny (RBD o DBR – sigles en anglès)**. D'una banda es va voler modificar l'assignatura de manera iterativa a partir d'evidències concretes (materials didàctics, pràctiques docents, avanç dels alumnes en el model, opinions de les professores participants...) i d'altra banda vam voler analitzar i entendre els tipus de canvis realitzats per tal de produir un coneixement útil i aplicable a altres contextos.

En aquest capítol reportem aquest procés de transformació, amb aquests dos objectius en ment:

1. Analitzar iterativament el procés de transformació d'una assignatura basada en models a una basada en la modelització.
2. Construir un cicle de modelització i la seva seqüència instruccional, així com uns Models Científics Escolars (MCE) de canvi químic i de flotació.

#### 4.1.1. Per què ens situem en el marc de la Recerca Basada en el Disseny?

*“Els coneixements teòrics adquirits s'assumeixen per generar recerca aplicada que pot conduir a solucions dels problemes pràctics. No obstant això, el Consell Nacional de Recerca, NRC (Bransford et al., 2000, p. 250) assenyala que aquest model és massa limitat quan es tracta de la creació d'un programa de recerca educativa. Un model alternatiu significatiu que destaquen és la investigació basada en problemes pràctics. Aquests problemes es converteixen en objecte dels projectes de recerca, generant tant resultats d'ús pràctic com contribucions al desenvolupament de les ciències de l'educació.” (Andersson & Bach, 2005, pp. 196–197).*

Si bé ens situem en un marc metodològic de la RBD, cal tenir en compte que aquest enfoc de recerca és molt proper al que en didàctica anomenem enginyeria didàctica, on Chevallard (1994) és el màxim exponent. Des d'aquest marc, el disseny és considerat molt important i la transposició didàctica del contingut, així com la manera d'ensenyar, té una especial atenció. El disseny d'unitats didàctiques també ha tingut especial atenció en la nostra comunitat, on s'ha dedicat un número especial en la revista IJSE (Méheut & Psillos, 2004). Nosaltres ens situem en el marc de la RBD per diversos motius, que expliquem a continuació.

En primer lloc, tenint en compte que l'objectiu principal de la tesi doctoral és analitzar l'aprenentatge que fan els futurs mestres de les pràctiques de modelització i dels models en el seu context real (és a dir, tenir un context adequat per realitzar l'estudi 2 d'aquesta tesi doctoral), s'ha considerat necessari fer un disseny i un estudi sistemàtic de les activitats i estratègies didàctiques que ho afavoreixen o no. En el nostre cas, la disseny i l'anàlisi iterativa de l'assignatura des del marc de la RBD ens ha permès obtenir aquests **entorns d'aprenentatge adequats** per a promoure la modelització dels alumnes (concretats dues seqüències didàctiques que es presenten en l'apartat de “productes de l'estudi”).

En segon lloc, aquesta recerca pretén donar compte sobre com el disseny d'un entorn d'aprenentatge centrat en la modelització es pot donar en un **context real**, no tant amb l'objectiu de documentar i avaluar els èxits i fracassos d'un disseny i implementació concreta en un context específic, sinó amb l'objectiu d'obtenir més informació i refinar el nostre coneixement sobre el disseny d'entorns d'aprenentatge centrats en la modelització. Tot i que de vegades en recerca pot ser interessant explorar situacions especialment exigents, adequades o úniques, *“des d'una visió de la innovació i desenvolupament curricular basat en proves, la seva viabilitat real hauria de marcar els límits de les propostes de canvis curriculars desitjats des de la recerca”* (Couso, 2016, p. 51). Per tant, el fet de realitzar una recerca basada en el disseny i implementació en un context real ens permet obtenir uns resultats realistes que tenen en compte els límits de la pròpia pràctica.

En aquesta mateixa idea, i tal i com indiquen alguns autors (Couso, 2016; DBR Collective, 2003; Lijnse, 2010; Psillos & Kariotoglou, 2016), el desenvolupament curricular requereix d'uns nous tipus de recerca que ajudin a **apropar els resultats de la recerca a la pràctica docent**, ja que els coneixements didàctics resultat de la recerca actual arriben molt poc als professors o als dissenyadors curriculars. *“Aquesta agenda de recerca implica un canvi d'enfocament en grans teories i canvis curriculars generals, a un enfocament en un coneixement didàctic micro/meso i alternatives de disseny particulars: en un coneixement concret i uns constructes sobre com ensenyar un tema conceptualment ric X.”* (Couso, 2016, p. 52). La recerca en didàctica de les ciències relacionada amb el desenvolupament de seqüències d'ensenyament i aprenentatge i la Recerca Basada en el Disseny són exemples de marcs de recerca que s'emmarquen en aquesta idea de produir uns constructes teòrics més concrets i útils a la pràctica. En aquest sentit, producte d'aquesta recerca basada en el disseny hem obtingut unes **eines o estratègies didàctiques** útils per a dissenyar de manera sistemàtica una assignatura centrada en la modelització: concretament, un cicle de modelització i uns principis de disseny. Aquestes eines són de tipus més abstracte que un simple producte d'iteració (com la seqüència didàctica concreta), però no són en cap cas grans teories sobre l'aprenentatge. Aquestes eines didàctiques es poden considerar **proto-teories**, o petites teories humils que son útils i “compatibles” (*“sharable”*) (Couso, 2016; DBR Collective, 2003), és a dir, que poden ser compartides i utilitzades en el disseny de nous contextos d'aprenentatge, i per tant poden tenir implicacions rellevants per a formadors, professors o altres dissenyadors de materials didàctics.

En tercer lloc, els objectius d'innovació (disseny d'entorns d'aprenentatge) i de recerca (desenvolupament de petites teories) s'han anat assolint de manera completament simultània, **interrelacionada** i entrelaçada, en uns **cicles iteratius**, és a dir, uns cicles continus de disseny, implementació, anàlisi i re-disseny de l'assignatura, la qual cosa ens situa completament en el marc de la RBD (DBR Collective, 2003; Hernández & Pintó, 2016; Lijnse, 1995). De fet, creiem que la construcció d'una eina didàctica i/o unes proto-teories útils i compatibles a la pràctica (com el cicle de modelització o uns principis de disseny) no les podríem haver desenvolupat de cap altra manera que a través d'aquest cicle iteratiu: proposant uns principis de disseny coherents amb l'objectiu (promoure la modelització), posant-los a prova a l'aula, analitzant-los (en funció de si promouen la modelització en els alumnes) i re-dissenyant una altra vegada la seqüència didàctica

en funció d'aquests resultats. Per tant cal dir que la seqüència d'ensenyament-aprenentatge és alhora un procés d'investigació i un producte que inclou activitats d'ensenyament-aprenentatge investigades in-situ. Dissenyar una seqüència d'aquest tipus, consegüentment, no és una activitat superficial, sinó un esforç a llarg termini per re-contextualitzar un contingut innovador, diferent dels que es troben en els llibres de text o els currículums del món (Psillos & Kariotoglou, 2016)

En quart lloc, l'equip de recerca i l'equip docent han treballat col·laborativament per produir uns canvis significatius en un context real, la qual cosa és especialment rellevant en el nostre cas i té unes implicacions concretes. D'una banda fa que surtin a la llum les diverses relacions que hi ha entre les diferents variables que intervenen en un entorn d'aprenentatge real i d'altra banda ajuda a refinar els principals components d'una intervenció d'aquest tipus. En comptes de produir una "mutació letal" (en la qual el professorat fa una reinterpretació dels canvis que ja no captura l'essència pedagògica de la innovació o on aquesta es distorsiona de manera significativa) el disseny iteratiu i col·laboratiu amb l'equip docent permet una "**adaptació productiva**" (és a dir, una reinterpretació que preserva l'essència de la innovació i que la adapta a les característiques d'uns entorns d'aprenentatge concrets) (DBR Collective, 2003). Aquest tipus d'innovació, a diferència de la tradicional, a banda de permetre que la implementació sigui fidel a l'essència de la innovació, incloent tots els detalls didàctics crítics (Viennot, Chauvet, Colin, & Rebmann, 2005), permet que el professorat s'apropii realment de la innovació i se la faci seva (Couso, 2016; Ogborn, 2002), afavorint la permanència de la innovació en el temps.

Per últim, estem d'acord amb els autors del grup de DBR Collective (2003, p. 5) quan afirmen que *"el disseny d'innovacions ens permet crear **condicions d'aprenentatge** que la teoria de l'aprenentatge suggereix que són productives, però que generalment no es posen en pràctica o no estan ben enteses."* La introducció de la modelització a l'aula és un clar exemple d'això: la recerca suggereix el gran potencial d'aquesta pràctica científica per a l'ensenyament i aprenentatge de les ciències però malauradament aquesta no s'està introduint a les aules (Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008b) i la comunitat educativa i de recerca té dificultats per entendre a què ens referim quan parlem de modelització (des de saber en què consisteix participar en una pràctica de modelització fins a imaginar quin tipus d'activitat o seqüència didàctica la pot promoure eficaçment). En aquest sentit, documentar el procés de transformació d'una assignatura des del marc de la RBD pot ajudar a identificar **factors contextuais rellevants** i mecanismes concrets d'aplicació de les eines de disseny, així com a enriquir la comprensió sobre la naturalesa de la pròpia intervenció.

L'objectiu està, doncs, en relacionar els processos de disseny realitzats amb els resultats d'interès obtinguts, de forma que es generi un coneixement que sigui d'ús directe per a la pràctica (DBR Collective, 2003). En el nostre cas, al llarg d'aquesta investigació documentem tant els **processos d'implementació realitzats** (les limitacions identificades i el seu grau de presència, i les alternatives de disseny i el seu grau de profunditat) com els **resultats d'interès obtinguts** (els principis de disseny i el cicle de modelització amb la seva seqüència instruccional), els quals, a la pràctica, s'han anat produint de manera paral·lela i completament interrelacionada. Això es perquè inicialment no partíem d'un cicle de modelització clar i definitiu per aplicar en el disseny de l'assignatura i provar la seva eficàcia, sinó que ens basàvem en unes idees teòriques parcialment

implícites sobre com s'aprenen models i com introduir la modelització a l'aula, que ens guiaven en la introducció dels canvis proposats en cada fase del cicle de manera molt natural i sempre adaptant-nos al context real en el que ens trobàvem. Algunes d'aquestes idees eren, per exemple, els processos de modelització (expressió, ús, avaluació i revisió de models) extrets d'estudis previs (Schwarz et al., 2009) o les fases de seqüenciació inspirades en la literatura sobre seqüències de modelització (Baek et al., 2011; Hernández et al., 2015; Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008a). Amb el procés d'innovació i disseny iteratiu, s'anaven introduint aspectes fonamentals d'aquestes teories, de manera gradual en col·laboració amb l'equip docent de l'assignatura i dins de la "zona de canvi possible" (Couso, 2016; Rogan & Grayson, 2003) per tal que el professorat s'anés apropiant del procés d'innovació i de les idees implícites d'aquest (Ogborn, 2002), així com fent-ho plausible amb els tempos i les dinàmiques pròpies del context on ens trobàvem. En aquest procés vam anar identificant les limitacions de les alternatives de disseny proposades quan s'introduïen en una instrucció real i contextualitzada, aprenent del procés, modificant les nostres idees i refinant els components clau de la intervenció. El resultat ha estat la construcció d'unes eines sofisticades i alhora realistes i útils per a dissenyar altres contextos educatius, concretament un cicle de modelització amb una seqüència instruccional i uns principis de disseny útils per a intervenir en altres entorns d'aprenentatge on es vulgui promoure la participació dels estudiants en les pràctiques de modelització per a la construcció de models.

En definitiva, podem afirmar que l'objectiu final d'aquest estudi 1, on reportem el procés de transformació de l'assignatura des de la RBD, no és haver validat la versió perfecta d'intervenció o perfeccionar un producte final (com per exemple, oferir unes seqüències concretes que promoguin la modelització), sinó aconseguir un context en el que es pugui donar la modelització amb una riquesa suficient com per poder analitzar allò que volem analitzar (la modelització en els futurs mestres de primària) i entendre millor aquest fenomen i compartir-ho a través d'unes teories humils sobre modelització (objectiu didàctic). Això ho hem pogut fer investigant de manera més àmplia la naturalesa de l'aprenentatge de models en un sistema complex i realista, a través de la transformació d'una assignatura en cicles iteratius, promovent una adaptació productiva i una apropiació de la innovació a partir de la estreta col·laboració amb l'equip docent de l'assignatura, i refinant les petites teories generatives o predictives de l'aprenentatge (Brown & Campione, 1996; DBR Collective, 2003) fins a obtenir unes eines útils per guiar futures innovacions didàctiques on es vulgui promoure eficaçment la modelització a l'aula.

## 4.2. Context: Procés de transformació de l'assignatura de Didàctica de les ciències experimentals en el grau de primària

Aquesta investigació s'emmarca en l'assignatura obligatòria de tercer del grau d'educació primària "Didàctica de les ciències experimentals" impartida a la UAB (Universitat Autònoma de Barcelona). Aquesta assignatura s'imparteix durant el primer semestre del curs (de setembre a desembre) durant 12 sessions d'entre 1h 30min i 4h 30min cadascuna, depenent de si són sessions magistrals o seminaris. Cada any l'alumnat s'agrupa en quatre grups-classe d'entre 65 i 80 alumnes cadascun, i cada grup-classe el porta una formadora-investigadora del Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Facultat d'Educació de la UAB.

L'assignatura va ser dissenyada inicialment en col·laboració per un grup d'investigadores de didàctica de les ciències, amb criteris clars i en base a la literatura sobre formació inicial (Mikeska, Anderson, & Schwarz, 2009). L'objectiu de l'assignatura era doble. D'una banda, que l'alumnat aprengué els principals **models científics escolars (MCE) clau**: model de canvi geològic (geologia), model matèria/partícula i model canvi químic (química), model interaccions mecàniques, on s'inclou el de flotabilitat (física), i model ésser viu (biologia). D'altra banda, que l'alumnat adquirís el **coneixement didàctic** sobre l'ensenyament-aprenentatge de les ciències a l'aula de primària, el que es coneix com a coneixement didàctic del contingut (Mellado, 1994) o *Pedagogical Content Knowledge* (Shulman, 1986).

Tal i com va ser dissenyada inicialment, les idees principals de cada model es proporcionaven pel professor en diferents moments del curs i l'alumnat havia d'utilitzar aquests models per explicar o predir diferents fenòmens o situacions. A les sessions, especialment en els seminaris, es promovia la interacció i la discussió en grups petits entorn a experiments paradigmàtics que es duïen a terme al laboratori o entorn a fenòmens naturals observables o coneguts, en una cultura d'aula que motivava a esbrinar i interpretar fenòmens (Reiser, 2013) utilitzant els MCE clau prèviament proporcionats.

Amb l'objectiu de tenir un context adequat per analitzar la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització i la seva progressió en el domini del MCE (Estudi 2 de la tesi), es va decidir modificar l'assignatura per tal de que aquesta promogués la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització, seguint l'aproximació didàctica de **l'activitat científica escolar (ACE)** de modelització (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). En aquest sentit, es va passar d'una assignatura molt centrada en el coneixement **conceptual**, on s'emfatitzava sobretot l'aprenentatge dels models teòrics, a una assignatura també centrada en el coneixement **procedimental i epistèmic**, on s'emfatitzés la participació de l'alumnat en una activitat científica escolar. L'objectiu de promoure l'aprenentatge de models científics clau seguia estant vigent, però es proposava des d'un enfoc modelitzador, en el qual l'alumnat havia de construir paulatinament aquests models a partir de la seva participació en els processos d'expressió, ús, avaluació i revisió de cada model. L'objectiu de la participació dels futurs mestres en pràctiques de modelització era doble: d'una banda que participessin activament en la manera de fer, pensar i parlar ciències (coneixement conceptual, epistèmic i procedimental) (OECD, 2013; Osborne, 2014) i d'altra banda que experimentessin en primera persona una forma especialment privilegiada d'ensenyar i aprendre ciències (coneixement didàctic) (Davis, 2003). En la Figura 5. es mostra de manera esquemàtica el canvi d'objectius que es va produir en la modificació de l'assignatura.



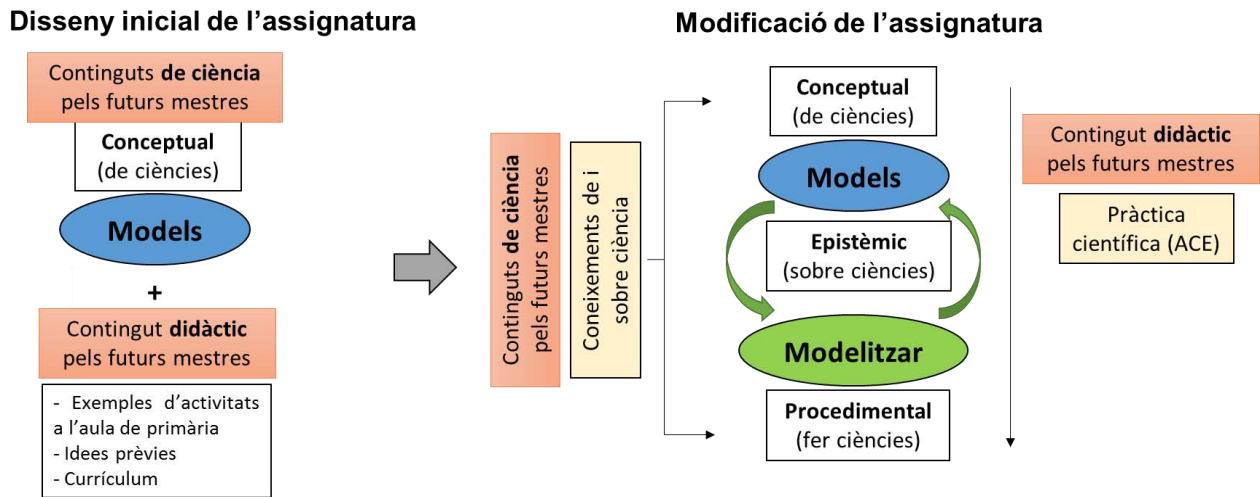


Figura 5: Esquema de les perspectives en relació als models i a la modelització

Conseqüentment, la metodologia utilitzada i les activitats realitzades a l'assignatura van canviar. En comptes de demanar a l'alumnat utilitzar el model donat per explicar o predir fenòmens, en l'assignatura modificada es demanava a l'alumnat anar construint els models poc a poc seguint un cicle de modelització que s'iniciava centrant l'atenció en fenòmens clau i demanant l'elaboració d'hipòtesis, dibuixos i explicacions que requerissin utilitzar i expressar el seu model inicial. Per tant, en l'assignatura modificada igualment es treballava amb experiments o fenòmens paradigmàtics però es va ordenar de manera seqüencial seguint el cicle de modelització i les idees clau de cada MCE en ordre. Així mateix, es promovia la discussió i interacció a l'aula però en aquest cas orientant-la a l'expressió, avaluació i revisió del model.

El procés de transformació de l'assignatura va tenir diverses fases. Inicialment es va fer una revisió de la literatura sobre les pràctiques científiques en general, i la modelització en particular, així com sobre la formació inicial de mestres de primària, i es va començar a observar i explorar l'assignatura per tal d'identificar els models claus que es treballaven, la pràctica de modelització que es promovia entre l'alumnat i les limitacions de l'assignatura en aquest sentit. L'equip de recerca vam iniciar una sèrie de reunions amb el grup de formadores responsables d'aquest curs. Aquestes reunions, de vegades periòdiques i de vegades esporàdiques, es realitzaven durant etapes d'uns 3-4 mesos (abans i durant la implementació de l'assignatura), i en elles es discutien els possibles problemes o limitacions de l'assignatura i es suggerien propostes de millora o canvis per refinar els materials en la direcció desitjada.

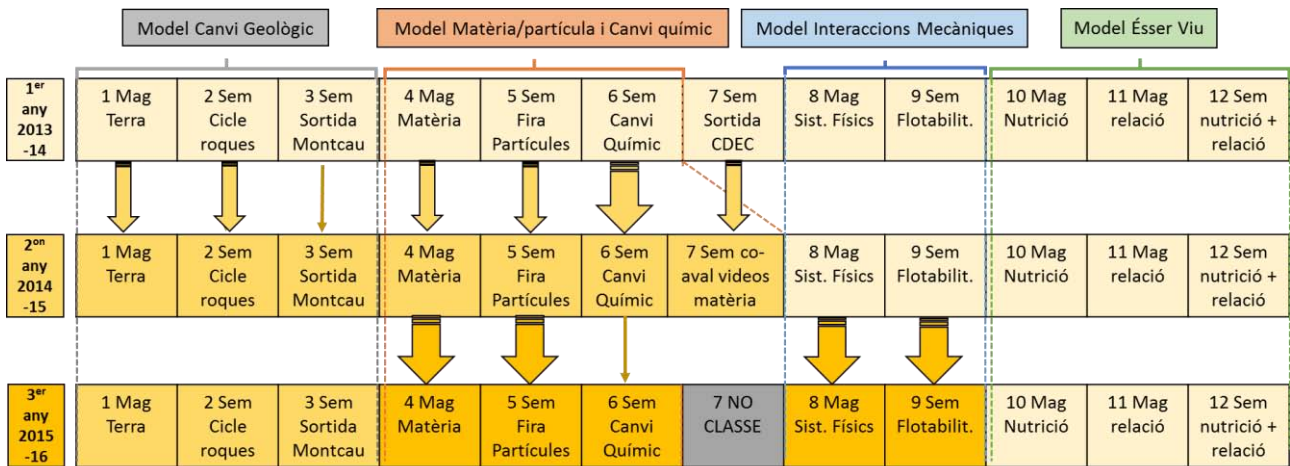
En col·laboració amb l'equip docent de l'assignatura, i en base a l'anàlisi de l'assignatura realitzada cada any, es van anar decidint els canvis que es podien fer en les diferents sessions del curs, sempre tenint en compte les limitacions i característiques particulars del nostre context. En qualsevol cas, les modificacions consensuades anaven encaminades a transformar una assignatura centrada en models (centrada principalment en l'aprenentatge dels continguts científics) en una assignatura centrada en la modelització (centrada en la participació en les pràctiques de modelització amb l'objectiu de construir uns models clau).

Al llarg de tres anys consecutius, els canvis consensuats es van anar incorporant a les successives versions de l'assignatura i s'implementaven durant el curs següent. La forma com es van introduir



els canvis és la típica d'un equip docent universitari, a partir de l'expertesa i coneixement cada vegada mes profund sobre la pràctica científica. Això es va fer una primera vegada en el curs 2013-14 i una segona vegada en el curs 2014-15. La versió final de l'assignatura es va implementar durant el curs 2015-16, i va servir com a context per l'estudi 2 d'aquesta tesi. Anàlisis preliminars de l'estudi 2, així com de la visió del professorat sobre la formació rebuda (explicat a la introducció d'aquesta tesi) s'han publicat en congressos internacionals (Couso & Garrido, 2016; Garrido & Couso, 2015).

En la figura 6. es presenta un esquema resum del procés de transformació de l'assignatura. Durant el primer any es van analitzar i transformar les primeres sessions de l'assignatura (model canvi geològic i model matèria/partícula); mentre que en el segon any es van analitzar i transformar les sessions del mig de l'assignatura (model matèria/partícula i model interaccions mecàniques). En concret, el primer any es van modificar 7 sessions, de les quals algunes d'elles es van modificar menys (fletxa estreta o molt estreta) i una d'elles més profundament (fletxa gruixuda): la sessió 6 del Seminari del Canvi químic. Aquesta sessió va servir com a prova pilot de l'aplicació del cicle de modelització inicial construït (presentat a l'apartat XX de l'objectiu 2 d'aquest estudi) i com a referent pels canvis introduïts l'any posterior. En el segon any es van tornar a modificar diverses sessions, en aquest cas re-dissenyant-les quasi per complet 4 d'elles (fletxa gruixuda) on es va aplicar el cicle de modelització modificat i els aspectes que havíem après en durant el primer any. Com s'observa a la figura 6., la sessió del seminari de canvi químic, que s'havia modificat molt l'any anterior, va patir només petits canvis durant el segon any.



**Figura 6:** Esquema de la transformació de l'assignatura en els cursos 2013-14, 14-15 i 15-16. Es detallen les 12 sessions que es van fer cada any

El que fem en aquest estudi és analitzar i reportar aquest procés utilitzant el format o l'estructura típica d'una recerca basada en el disseny, aclarint quines van ser les limitacions més importants i les principals alternatives de disseny que es proposaven a cada curs.

En els apartats a continuació mostrem les dades que es van recollir i codificar, així com el procés d'anàlisi que es va fer per identificar les situacions problemàtiques o limitacions, identificar les alternatives de disseny o canvis proposats, determinar el grau de presència i el nivell d'importància de les limitacions de manera que poguéssim tenir uns criteris per determinar la seva

rellevància global, categoritzar els tipus de canvis en uns principis de disseny més generals, i anar construint un cicle de modelització i una versió dels MCE de canvi químic i flotació que fossin útils per a dissenyar entorns d'aprenentatge similars.

### 4.3. Anàlisi del procés de transformació d'una assignatura basada en models (enfocament conceptual) a una basada en la modelització (enfocament en la pràctica). Objectiu 1.1.

El primer objectiu d'aquest primer estudi consisteix en analitzar, des del marc de la recerca basada en el disseny, el procés de transformació d'una assignatura per passar a estar enfocada únicament en models, a estar enfocada també en la modelització. Per això, al llarg dels següents apartats expliquem quines han estat les dades de l'assignatura recollides, com s'han codificat i analitzat per identificar les limitacions i les alternatives de disseny proposades, i quins són els resultats d'aquesta anàlisi.

#### 4.3.1. Recollida de dades

Per tal de reportar els canvis realitzats a l'assignatura, s'han recollit dades de l'assignatura de diversa naturalesa durant dos anys consecutius, curs 2013-14 i 2014-15.

##### 4.3.1.1. Primer any

En el primer any (curs 2013-14) es va fer una primera **revisió de la literatura** en relació a l'activitat científica escolar i les pràctiques científiques (concretament la modelització), així com en relació a les seqüències d'ensenyament de la pràctica de modelització (Baek et al., 2011; Hernández et al., 2015; Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008a).

Simultàniament, es va fer una exploració inicial de l'assignatura. D'una banda, es van recollir, organitzar i analitzar els **materials didàctics** que es feien servir (presentacions, guies docents, materials per l'alumnat, etc.) (veure dos exemples en la figura 7) per tal d'identificar els models clau que es treballaven a l'assignatura i les activitats que tenien potencial (o no) de promoure la modelització a l'aula.

<h3>Objectius de la sessió</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>□ Prendre consciència de la dinàmica de la Terra.</li><li>□ Identificar algunes de les dificultats de l'alumnat</li><li>□ Una proposta de treball del canvi geològic</li></ul>	<h3>LA FIRA DE PARTÍCULES</h3> <p>En aquesta sessió treballarem diferents experiències que ajuden a "pensar" en termes de partícules.</p> <p><b>EXPERIÈNCIA 1. 50+50 NO SEMPRE SÓN 100!</b></p> <p>Poseu 50 ml d'aigua en una proveta i barregeu-los amb 50 ml d'alcohol. Cal que sigueu curosos amb les mesures. Quin és el volum total de la mescla?</p> <p>Escriu la conclusió d'aquest experiment. (Has de relacionar el que has observat amb el model)</p>
--	---

**Figura 7:** Exemples de materials didàctics utilitzats durant el curs 2013-14.

Esquerra: Exemple d'objectius de la sessió del Model Terra inclosos en el PPT de la sessió. Dreta: Proposta d'experiment (barrejar aigua i alcohol) al seminari Fira de partícules (M partícula).

## Capítol 4. Estudi 1: Anàlisi de la transformació de la assignatura

D'altra banda es van prendre **notes de camp** de totes les sessions de l'assignatura (veure dos exemples en la figura 8), i es van realitzar **gravacions de vídeo i àudio** d'algunes sessions, tant magistrals com de les discussions en petit grup (veure dos exemples de moments de discussió en la figura 9), amb l'objectiu d'anar identificant les pràctiques docents que es duïen a terme.

<p><b>Informació Gravació 09/10/2013 Assignatura Didàctica 3er de GRAU de Primària.</b></p> <p>Professora: Digna Couso</p> <p>Tema: S3- Cicle de les roques – cicle de l'aigua (tancament sortida al <u>Montcau</u>)</p> <p>Hora: 10:45-13h.</p> <p>Activitats realitzades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Reflexió sortida. Idea de CICLE i Cicle de les roques:</b> Relació entre les roques i origen (processos de formació que han experimentat)</li> <li>- <b>Introducció MODEL ANALÒGIC:</b> símil, analogia. Imitar les roques (el que passa a la natura) amb cera d'espelmes. Reflexió de com això pot ajudar a l'alumnat a entendre el model.</li> <li>- <b>Realització del model analògic en grups:</b> cada grup manipula les espelmes i construeix un esquema en un mural, enganxant cada bola de cera, posant els noms i les fletxes entre cada tipus indicant el procés.</li> <li>- <b>Reflexió sobre el model analògic:</b> la importància de treballar-ho i d'explicitar-ho a l'aula per a l'aprenentatge de les ciències (adonar-se que tot és el mateix, que tot forma part del mateix cicle). Reflexionar sobre els límits del model</li> <li>- <b>Cicle de l'aigua:</b> activitat prèvia sobre les seves idees del cicle natural i artificial.</li> <li>- <b>Co-avaluació:</b> amb criteris ja establerts. Explicitació de la utilitat de la <u>co-avaluació</u> (per introduir continguts, però cal post-discussió)</li> <li>- <b>Reflexió sobre les dificultats de l'alumnat en el cicle de l'aigua:</b> natural (subterrànies, transpiració) i artificial (diferència entre depuradora i potabilitzadora).</li> <li>- <b>Tasques:</b> lectura de la Conxita sobre com ensenyar cicle de l'aigua.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>SEMINARI MODEL DE PARTÍCULA (54) – CURS 2013-14</b></p> <p><b>PRIMERA PART:</b> Es presenta el model de partícula, recordant la sessió magistral de l'últim dia. Es pregunta als alumnes què recorden del model.</p> <p><b>0. BARREJAR AIGUA I ALCHOL:</b> Es fa una indagació totalment guiada amb tot el grup classe, explicant que s'intentarà explicar el resultat amb el model de partícula. L'experiment consisteix en barrejar aigua i alcohol, i veure quant volum ocupen abans i després. Es fan hipòtesis, deixant que els alumnes les diguin (no dient si està bé i malament): és possible que es digui que ocuparà 100ml d'aigua en total, però potser algú diu alguna altra cosa. La professora pregunta per què i es parla de densitats. Es fa l'experiment i s'observen els resultats. El volum ocupat és 96ml. La professora pregunta: "com es pot explicar?" Un estudiant diu que les partícules d'un líquid s'han posat en els espais de l'altre líquid. La professora explica que si penséssim que la matèria és continua, no es podria explicar això, a no ser que creguéssim que els líquids són compressibles, però està comprovat que no ho són (i dóna alguns exemples com que no podem aixafar una ampolla plena d'aigua).</p> <p><b>SEGONA PART:</b> Es proposa fer experiments en grups i que expliquin tots ells amb el model partícula.</p> <p><b>1. L'AIGUA BULL A 70º:</b> posar aigua a 70º en un pot i extreure l'aire amb una bomba.</p> <p><b>2. FILTRAR AIGUA AMB FARINA:</b> passar farina i aigua per un paper de filtre.</p> <p style="text-align: center;"><b>1. L'AIGUA BULL A 70º</b></p> <p><b>Procés de modelització:</b> U4. Utilitzar el model per justificar, entendre, predir o refutar un nou fenomen.</p> <p>A partir del model de partícules ja conegut ("tot està format de parts"), l'alumnat ha de construir l'explicació <u>micro</u> d'una nova experiència/fenomen observat: que l'aigua bull a 70º.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Macro</th> <th>Micro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aigua a 70º</td> <td>partícules d'aigua es mouen ràpid / vibren bastant</td> </tr> <tr> <td>Treure aire</td> <td>hi ha menys partícules d'aire i per tant més espai entre aquestes</td> </tr> <tr> <td>Evaporació</td> <td>les partícules d'aigua vibren prou com per trencar els enllaços</td> </tr> </tbody> </table>	Macro	Micro	Aigua a 70º	partícules d'aigua es mouen ràpid / vibren bastant	Treure aire	hi ha menys partícules d'aire i per tant més espai entre aquestes	Evaporació	les partícules d'aigua vibren prou com per trencar els enllaços
Macro	Micro								
Aigua a 70º	partícules d'aigua es mouen ràpid / vibren bastant								
Treure aire	hi ha menys partícules d'aire i per tant més espai entre aquestes								
Evaporació	les partícules d'aigua vibren prou com per trencar els enllaços								

**Figura 8:** Exemples de notes de camp de l'assignatura preses durant el curs 2013-14.

Esquerra: Notes del seminari cicle de les roques (M canvi geològic). Dreta: Notes del seminari Fira de partícules (M partícula)



**Figura 9:** Captures d'imatge de les discussions en grup petit durant el curs 2013-14.


Esquerra: experiment de la pastilla efervescent en aigua al seminari Canvi químic (M canvi químic). Dreta: experiment de la caiguda d'objectes per una rampa al seminari Sistemes físics (M interaccions mecàniques).

### 4.3.1.2. Segon any

Durant el segon any (curs 2014-15) es va continuar la **revisió bibliogràfica**, aquest any ampliant-la a la literatura relacionada amb les idees prèvies i progressions d'aprenentatge dels models que es

treballen a l'assignatura. Amb l'objectiu d'analitzar més en profunditat l'assignatura (concretament identificar la participació dels alumnes en les pràctiques de modelització, el seu grau d'assoliment del model, així com la seva percepció de l'assignatura), es van recollir més dades i de diferents tipus.

**EXPERIÈNCIA 1. 50+50... QUANT SUMA?**




Poseu 50 ml d'aigua en una proveta i barregeu-los amb 50 ml d'alcohol. Cal que sigueu currosos amb les mesures. Quin creus que serà el volum total de la mescla? Per què?

*No pinto que el volum total de la mescla serà menor de 100ml perquè en ser líquids, aquests aprofitaran els espais entre partícules (ja que en dos líquids atreu una mica separada).*


Escriu la **conclusió** d'aquest experiment i **dibuixa** les partícules d'aigua i alcohol (Has de relacionar el que has observat amb el model)

*La conclusió és que 50+50 (en aquest cas) fa 97 ml. Ho veigü que hi ha una combinació de les molècules dels dos líquids que fa que la suma dels dos volums no sigui matemàticament cert. Segueixament, l'espai que hi ha entre les partícules de l'aigua és ocupat per les de l'alcohol que interaccionen amb les de l'aigua.*



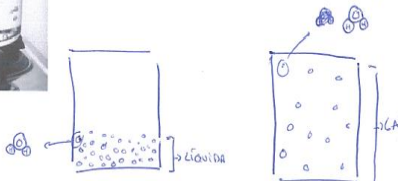
**EXPERIÈNCIA 2. A QUINA TEMPERATURA BULL L'AIGUA?**

En aquesta imatge podem veure que passa quan l'aigua bull.



A quina temperatura passa això? 100 °C (a nivell del mar, aigua pura i sense líquida i gas).

Dibuixa com t'imagines les partícules d'aigua líquida i gas.




**Proposta d'activitat 1. Realment ens empenyen, els fluids?**

Heu estudiat que quan un objecte està en repòs les forces que actuen sobre ell es **compensen**. També sabeu que sobre tots els objectes a la Terra sempre hi està actuant la **força de la gravetat**, i per això notem que "pesen". Llavors, com podem explicar que quan un objecte està surant a l'aigua no s'enfonsi per acció del seu pes? O que inclús un objecte que s'enfonsa a l'aigua ho faci més lentament que a l'aire? Qui fa aquesta força que empeny els objectes cap amunt i els manté surant o els sosté una mica?

A continuació farem un experiment per **estudiar aquesta força d'empenta** que experimenten els objectes en els fluids. Per fer-ho, necessitem:

- suport de laboratori
- dinamòmetre (3N)
- proveta de 250ml
- cilindre de metall o portapeses de 140-160gr
- aigua



**Abans de fer l'experiment**, pensa i discuteix amb els teus companys:

1. Què mesurarà el dinamòmetre quan hi pengem el cilindre? Com ho mesura? *El pes del cilindre i to mesura amb massa amb Newtons.*
2. Què mesurarà el dinamòmetre quan hi pengem el mateix cilindre, però:
  - 2.1 tocant la superfície d'aigua de la proveta? *mesurarà menys igual Newtons.*
  - 2.2 mig submergit a l'aigua de la proveta? *mesurarà menys.*
  - 2.3 totalment submergit a l'aigua de la proveta? *mesurarà igual.*


**Fes ara l'experiment**

3. Quin és el resultat? Anota a la taula els valors obtinguts.

Situació del cilindre	Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)	Força d'empenta (càlcul)
Penjant lliure (a l'aire)	1,4 N	0
Tocant la superfície d'aigua	1,4 N	0
Mig submergit a l'aigua	1,3 N	0,1 N
Submergit a l'aigua	1,2 N	0,2 N

4. Com pots explicar els resultats que has trobat amb el model d'interaccions mecàniques? Ajuda't dibuixant l'esquema de les forces que actuen en cada moment al cilindre.

a) Tocant la superfície d'aigua: b) Mig submergit c) Totalment submergit



**Figura 10:** Exemples de produccions de l'alumnat recollits durant el curs 2014-15.

Esquerra: Proposta d'experiment de barrejar aigua i alcohol i bullir aigua en una bomba de buit, al seminari Fira de partícules (M partícula). Dreta: Proposta d'experiment de mesurar l'empenta amb un dinamòmetre, al seminari Flotabilitat (M interaccions mecàniques).

En primer lloc es van recollir totes les **produccions escrites** de l'alumnat (tasques realitzades, dossiers del seminari, exàmens, etc.) (veure dos exemples en la figura 10).

En segon lloc es van tornar a realitzar **gravacions de vídeo i àudio**, però aquesta vegada de totes les sessions de l'assignatura, tant en gran grup com en petits grups de treball (depenent de la sessió i la disponibilitat de càmeres, es van seguir entre 2 i 6 grups de treball) (veure dos exemples en la figura 11).





**Figura 11:** Captures d'imatge de les discussions en grup petit durant el curs 2014-15.

Esquerra: Discussió en l'experiment de bullir aigua en una bomba de buit, al seminari Fira de partícules (M partícula).

Dreta: Discussió en l'experiment de mesurar l'empenta amb dinamòmetre, al seminari Flotabilitat (M flotació).

Així mateix, amb l'objectiu de conèixer la percepció dels futurs mestres sobre l'assignatura, es va dissenyar i implementar un **qüestionari pilot** (veure un exemple en la figura 12), que es va passar a tot el grup classe l'últim dia del curs. El qüestionari pilot s'inclou a l'Annex 2 d'aquesta tesi.

Capítol 4. Estudi 1: Anàlisi de la transformació de la assignatura

Questionari Final de l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals"

Per tal de conèixer les vostres idees sobre l'assignatura, us demanem que respongueu aquest qüestionari amb total sinceritat i amb la major claredat possible. Les vostres respostes serviran per millorar l'assignatura i l'ensenyament de les ciències en general, en cap cas per avaluar-vos.

1. Quines coses (activitats, dinàmiques, tasques...) de les que hem fet a l'assignatura t'han ajudat a aprendre més (de ciències i a ensenyar ciències)?

Aprendre de ciències: *les tasques o dinàmiques més pràctiques i a nivells o significatives*

Aprendre a ensenyar ciències: *l'estudi o aprofundiment d'alguns conceptes que en paucip tenia adquirats*

2. A continuació us presentem una sèrie d'activitats que hem desenvolupat a classe. Fes una creu a les 5 activitats que t'han servit més per construir els models de ciències i a continuació explica per què. Pots recolzar-te en algun moment concret viscut a classe a mode d'exemple.

Activitat o pràctica científica escolar	
1. Plantejar hipòtesis abans de realitzar un experiment (ex. respondre a la pregunta "com creus que variarà la massa? Per què?") o fer dibuixos sobre com m'imagino inicialment un procés (ex. fer el cicle de l'aigua, el recorregut d'una poma o com m'imagino l'aigua i la sal dissolta)	
2. Fer un experiment utilitzant diversos instruments (ex. fer bullir aigua amb la bomba de buit, utilitzar provetes, pinces de laboratori, observar les pastilles efervescents,...)	
3. Dur a terme models analògics (ex. el cicle de les roques amb cera, la maqueta de nutrició o l'ús de peces de plàstic per representar una reacció)	X
4. Intentar explicar un fenomen (ex. "com s'ha pogut formar la cova Simanya?") Intentar explicar els resultats obtinguts en un experiment (ex. cremar una llana de ferro i respondre a la pregunta: "per què creus que el ferro ha augmentat la massa?")	X
5. Començar el tema escoltant les idees clau sobre cada model (canvi geològic, canvi químic, forces, nutrició...) explicades per la professora a les classes magistrals	
6. Intentar fer de mestre dissenyant jo mateix una activitat per fer a primària (ex. fer vídeo)	
7. Després de fer un experiment, haver de repensar l'explicació perquè els resultats no quadren amb la meua explicació inicial (ex. quan pensàvem que l'aigua bullia a 100°C i després bullia a menys T°)	
8. Aprendre noms científics (ex. oxidació, meteorització,...), cultura científica (ex. principi d'Arquimedes) o continguts del currículum de ciències a primària.	
9. Fer auto-avaluació o co-avaluació (del cicle de l'aigua, de la tasca d'explicar la separació d'aigua i sal, o dels vídeos sobre el model matèria)	X
10. Rebre les correccions de la professora o que ens doni la resposta correcta després de fer una tasca (ex. Magistrals després del seminari)	
11. Fer lectures d'articles relacionats amb el model que estem treballant (ex. "Treballar el cicle de l'aigua des de la perspectiva dels models explicatius")	
12. Conèixer com fer un experiment a l'aula de primària o veure exemples reals de les respostes que donen els alumnes (ex. els dibuixos dels còdols dels nens)	X
13. Replantejar-me la explicació que havia donat a un fenomen després d'escoltar una idea nova d'un company o la informació donada per la professora (ex. quan la professora va explicar que la velocitat de caiguda no depèn de la massa d'un cos)	X
14. Intentar solucionar un problema que no entenc (ex. buscant informació a Internet o pensant amb els meus companys)	

Figura 12: Exemple de qüestionari pilot respost per un alumne durant el curs 2014-15.

4.3.2. Codificació

En l'anàlisi de l'assignatura hem anat identificant i codificant diversos aspectes.

En primer lloc, hem identificat les **limitacions** més importants per cada any (2013-14 i 2014-15), d'acord a criteris teòrics (abans d'implementar-se perquè no concorden amb el nostre marc teòric) o d'acord a proves empíriques (després d'implicar-se la seqüència). Els criteris teòrics o proves empíriques s'il·lustren amb **exemples** concrets de cada limitació. Les limitacions identificades, així com els exemples detallats i complerts estan inclosos a l'Annex 1 (primera i segona columna de les taules).

A continuació s'ha codificat cada limitació segons el seu **grau de presència** a l'assignatura (*Pres*) i el seu **nivell d'importància** a l'hora de modificar-la (*Imp*). Les categories usades per cada dimensió d'anàlisi, així com la definició d'aquestes categories es presenten a la taula 1.

Dimensió	Categoria	Definició de la categoria
Grau de presència (Pres)	Limitació Anecdòtica (A)	La presència d'aquesta limitació a l'assignatura és baixa, només apareix de manera puntual en alguna sessió o activitat.
	Limitació Comuna (C)	La limitació està moderadament present en l'assignatura, es troba en diverses sessions o activitats.
	Limitació Sistèmica (Si)	La limitació es troba present en gairebé totes les activitats i sessions, és general per a tota l'assignatura.
Nivell d'importància (Imp)	Limitació Lleu (LI)	La limitació té poques implicacions en la sessió o activitat, i per tant implicarà canvis en el disseny poc profunds, com per exemple re-formular una frase, canviar l'ordre d'una tasca, afegir una informació que necessària o eliminar una activitat concreta.
	Limitació Destacada (D)	La limitació és important i implicarà un re-disseny profund de la sessió o activitat, com per exemple canviar o re-pensar les idees clau del model, re-formular el tipus de preguntes d'una activitat per tal de promoure diferents aspectes, o re-dissenyar completament una activitat o sessió.

Taula 1: Dimensions i categories d'anàlisi de les limitacions.

Les limitacions dels dos cursos analitzats s'han organitzat i agrupat segons el **tipus de limitació**: de meta-reflexió didàctica, de models o de modelització. Les definicions de cada tipus de limitació s'inclouen a la taula 2.

Tipus de limitació	Definició
De meta-Reflexió didàctica	Aquelles limitacions sobre la reflexió entorn a la metodologia didàctica emprada a l'assignatura i per tant encaminades a treballar el coneixement didàctic del contingut.
De models	Aquelles limitacions sobre l'aprenentatge dels models científics escolars clau, és a dir, del contingut conceptual.
De modelització	Aquelles limitacions sobre la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització, és a dir, del contingut pràctic.

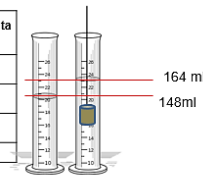
Taula 2: Tipus de limitacions possibles.

A continuació s'han proposat i implementat uns **tipus de canvis** per tal de millorar o superar cadascuna de les limitacions identificades en la direcció escollida, és a dir, unes **alternatives de disseny** plausibles en el nostre context. Aquests tipus de canvis o alternatives de disseny es van decidir segons les necessitats identificades, segons les recomanacions de la literatura de models, modelització i formació del professorat, i segons les possibilitats de canvi en el nostre context concret. Aquestes alternatives de disseny també s'han reportat i categoritzat, incloent els exemples concrets de canvis realitzats a l'assignatura. Les alternatives de disseny proposades i implementades per cada limitació, així com els exemples detallats i complets, estan també inclosos a l'Annex 1 (tercera columna de les taules).

Així mateix, per a les limitacions identificades es van proposar uns **canvis o alternatives de disseny** encaminades a millorar l'assignatura, és a dir, a promoure la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització per a construir uns models, i en alguns casos, promoure la meta-reflexió didàctica.

A la taula 3 es mostren exemples de la codificació realitzada, en concret, un exemple de limitació de cada tipus (meta-reflexió didàctica, models i modelització) i les seves respectives alternatives de disseny. A la primera columna s'especifica el tipus de limitació (*Tipus*), a la segona columna la limitació trobada a l'assignatura, a la tercera columna un exemple concret d'aquella limitació, a la quarta i cinquena columna el grau de presència de la limitació (*Pres*) i el seu nivell d'importància (*Imp*), a la sisena columna l'alternativa de disseny implementada per millorar aquella limitació, i per últim a la última columna un exemple concret d'aquella alternativa de disseny.



Tipus	Limitació de l'assignatura	Exemple de limitació	Pres	Imp	Alternativa de disseny	Exemple d'alternativa de disseny															
De meta-reflexió didàctica	1. No es reflexiona entorn les implicacions de treballar per modelització a l'aula, la qual cosa provoca en l'alumnat certa incertesa sobre la manera de treballar diferent de l'assignatura	Posteriorment a la participació en l'assignatura, quan es demanava què havien trobat a faltar a l'assignatura, els alumnes deien que els hi havia faltat una reflexió sobre com es treballava a l'assignatura: <i>"M'han faltat més lectures que expliquessin el que estàvem fent"</i> (A22)	Si	LI	1. Reflexionar explícitament sobre les implicacions d'aprendre ciències fent modelització a l'aula de ciències (el nou rol de l'alumne) des del principi de l'assignatura.	Ex. comentar que és normal no tenir clares les idees des del principi (incertesa), que per construir el coneixement cal implicar-se activament en la tasca, que requereix d'un esforç cognitiu, etc.															
De models	3. Algunes idees treballades no estan centrades en el MCE sinó que són de caire anecdòtiques, contextuais, o massa complexes/ sofisticades, la qual cosa provoca confusió en l'alumnat a l'hora d'estructurar les idees clau que ha de saber del model.	A la sessió del Seminari flotabilitat es demanava calcular el pes i la força d'empenta en Newtons, i s'explicava com calcular una força de manera matemàtica, la qual cosa és complexa i no necessària pel model que s'ha de construir a nivell de primària. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;"><b>Experiència 1 (aprofundiment)</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Situació del cilindre</th> <th>Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)</th> <th>Força d'empenta (càlcul)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Penjant lliure (a l'aire)</td> <td>1,4 N</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tocant la superfície d'aigua</td> <td>1,4 N</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mig submergit a l'aigua</td> <td>1,35 N</td> <td>0,05N</td> </tr> <tr> <td>Submergit a l'aigua</td> <td>1,25 N</td> <td>0,15N</td> </tr> </tbody> </table>  <p>La força d'empenta de l'aigua sobre el cos submergit hauria de ser igual que el pes del volum d'aigua desplaçat (el pes del cilindre si "estigués fet d'aigua")</p> <p><math>V_{H_2O} = 164ml - 148ml = 16ml</math>  <math>P \text{ (Pes)} = m \text{ (massa en kg)} \cdot \text{acceleració de la gravetat } (9,8 \text{ m/s}^2)</math>  <math>P \text{ de } 16ml \text{ d' } H_2O = 0,016 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,153 \text{ N}</math></p> </div>	Situació del cilindre	Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)	Força d'empenta (càlcul)	Penjant lliure (a l'aire)	1,4 N	0	Tocant la superfície d'aigua	1,4 N	0	Mig submergit a l'aigua	1,35 N	0,05N	Submergit a l'aigua	1,25 N	0,15N	C	D	3. Eliminar les idees que no són clau del model que es vol construir, i centrar les activitat i preguntes només en les idees del model (eliminant o modificant l'experiment o les preguntes per tal que es centrin en la idea clau).	Eliminar el càlcul de les forces i l'ús del dinamòmetre. Experimentar i pensar en les forces d'empenta i pes només de manera qualitativa.
Situació del cilindre	Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)	Força d'empenta (càlcul)																			
Penjant lliure (a l'aire)	1,4 N	0																			
Tocant la superfície d'aigua	1,4 N	0																			
Mig submergit a l'aigua	1,35 N	0,05N																			
Submergit a l'aigua	1,25 N	0,15N																			
De modelització	7. No es demana expressar explícitament el model inicial ni utilitzar-lo per elaborar hipòtesis o primeres explicacions, la qual cosa no ajuda a adonar-se del seu model inicial per tal de modificar-lo després.	En l'experiment de barrejar aigua i sal no es demanava expressar el model inicial, només fer prediccions de què passarà: <i>"Quantes cullerades creus que hi caben en un got d'aigua ple?"</i>	Si	D	7. Demanar l'expressió explícita del model inicial (elaborar dibuixos,...) o utilitzar el model inicial implícit (elaborar hipòtesis,...) de manera individual abans d'explorar el fenomen.	En l'experiment de barrejar aigua i sal, demanar fer el dibuix de la predicció: <i>"Com t'imagines que està feta l'aigua i la sal per explicar això?"</i>															

Taula 3: Exemples de la codificació realitzada a l'Estudi 1.

Tipus de limitació (Tipus), limitacions identificades a l'assignatura, exemple de la limitació, grau de presència (Pres), nivell d'importància (Imp), Alternatives de disseny i exemple de l'alternativa de disseny...

### 4.3.3. Anàlisi de dades

El procés d'anàlisi per tal d'assolir els objectius d'aquest primer estudi ha estat complex i no lineal, i ha seguit una metodologia de tipus qualitativa interpretativa però també quantitativa a l'hora de comptabilitzar el nombre de limitacions o canvis realitzats. A continuació descrivim l'anàlisi realitzada per respondre a cadascuna de les preguntes de recerca del primer objectiu (l'objectiu de recerca) d'aquest estudi. 1.

#### 4.3.3.1. Identificació de les limitacions de l'assignatura i les alternatives de disseny proposades

En primer lloc, per van identificar les situacions problemàtiques o **limitacions** més importants de l'assignatura des del marc de la modelització i les progressions d'aprenentatge de model (i de manera més residual, des del marc de la meta-reflexió didàctica), es va seguir el criteri de validesa, és a dir, es va identificar si l'assignatura (tal i com estava dissenyada i implementada) era coherent amb els objectius proposats o no. En altres paraules, ens vam fixar si a l'assignatura es promovia allò que ens havíem proposat: la participació dels alumnes en les pràctiques de modelització per a la construcció d'uns models científics escolars i la reflexió entorn al coneixement didàctic. Per això, ens vam fixar en el següent:

(a) si la seqüenciació i tipologia de tasques proposades als alumnes tenien potencial (o no) de promoure la modelització a l'aula, si estava centrada en uns models clau i si promovien la meta-reflexió didàctica, a partir de l'anàlisi dels materials didàctics, notes de camp i gravacions de vídeo/àudio;

(b) si les estratègies o mecanismes d'influència didàctica dels docents (de regulació, guia, preguntes, etc.) promovien la pràctica de modelització en els alumnes i la meta-reflexió didàctica, a partir de l'anàlisi de les gravacions de vídeo/àudio;

(c) si es dóna un assoliment de les idees del model i l'alumnat participa en les pràctiques de modelització al llarg de l'assignatura, a partir de l'anàlisi de les gravacions de vídeo/àudio i les produccions escrites;

(d) quina era la percepció didàctica dels futurs mestres sobre l'assignatura, concretament si valoraven la proposta formativa centrada en la modelització, a partir de l'anàlisi de les respostes dels qüestionaris.

L'anàlisi transversal de tots aquests aspectes (a, b, c i d) ha servit per identificar les limitacions de l'assignatura. Concretament, aquestes limitacions s'han anat identificant a través de l'anàlisi dels materials didàctics (documents del professorat, dossiers de classe, etc.) on es podia veure si el tipus de seqüència i activitats proposades promovien la modelització i la meta-reflexió didàctica, i quins eren els models científics clau treballats (a); a través de les notes de camp i les gravacions d'àudio i vídeo, on es podien identificar quines estratègies docents concretes promovien la modelització i la meta-reflexió didàctica en l'alumnat (b), així com en quines pràctiques de modelització participava l'alumnat i quin grau d'assoliment tenia del model (c); a través de les produccions escrites (tasques, exàmens, etc), que també ens indicaven el grau d'assoliment del model (c); i finalment a través de l'anàlisi de les respostes de l'alumnat al qüestionari, on es va identificar quina era la seva valoració de l'assignatura i concretament de la modelització (d).

La identificació d'aquestes limitacions s'ha anat realitzant alhora que el procés de disseny i anàlisi de la nova iteració. En aquest sentit, no hem esperat a tenir tot el material per revisar-lo al final, sinó que hem anat identificant les limitacions en el moment que es produïen i amb el temps de què disposàvem en aquesta situació natural, és a dir, s'ha fet de manera molt dependent i adaptada al context. L'anàlisi sempre ha estat basada en proves, però aquestes no són sempre les mateixes per cada limitació identificada. Per exemple, per identificar les limitacions respecte els models clau, es van mirar sobretot els materials de l'assignatura i les produccions escrites dels alumnes on s'expressés el model. En el cas de les limitacions sobre la modelització, per exemple, es van mirar els materials de l'assignatura, intervencions del professorat, discussions de grup o respostes als qüestionaris sobre l'experiència viscuda en la modelització.

Per validar que aquestes limitacions són les més importants de l'assignatura, totes les limitacions han estat discutides amb l'equip docent i/o l'equip investigador.

#### 4.3.3.2. Rellevància de les limitacions i evolució al llarg de la transformació de l'assignatura

El grau de presència de les limitacions i el nivell d'importància d'aquestes s'ha volgut relacionar, per determinar la rellevància global de les limitacions. Per això, s'han comptabilitzat i representat gràficament quantes limitacions es troben en cada grau i en cada nivell alhora. Per fer-ho, hem utilitzat un tipus de gràfic circular inspirat en recerques prèvies (Hernández et al., 2015), on la grandària de les esferes indica el nombre de limitacions que es troben en aquell punt. El grau de presència de les limitacions s'indica a l'eix Y, mentre que el nivell d'importància de les limitacions s'indica l'eix de les X.

A partir d'aquesta relació entre el grau de presència i el nivell d'importància d'aquestes limitacions hem definit el concepte de **rellevància didàctica**. Per determinar el grau de rellevància, doncs, s'ha tingut en compte la magnitud (major o menor) del grau i del nivell de manera relacionada. Per exemple, si una limitació és molt comuna i a sobre és molt important, tindrà més rellevància didàctica que una menys comuna i sense tanta importància. En aquest sentit, s'han determinat tres graus de rellevància didàctica (alta, moderada i baixa), que es defineixen a la **taula 4**.

<b>Grau de rellevància didàctica</b>	<b>Grau de presència</b>	<b>Nivell d'importància</b>
<b>Alta rellevància</b>	Sistèmica	Destacada
<b>Rellevància moderada</b>	Sistèmica	Lleu
	Comuna	Destacada
	Comuna	Lleu
	Anecdòtica	Destacada
<b>Baixa rellevància</b>	Anecdòtica	Lleu

Taula 4: Criteri per determinar el grau de rellevància de les limitacions.

Aquesta relació entre presència i importància (és a dir, la determinació de la rellevància didàctica) s'ha realitzat pels dos anys analitzats (2013-14 i 2014-15). Els resultats pels dos anys s'han comparat, en un intent d'identificar la tendència o evolució de la rellevància didàctica de les limitacions al llarg de la transformació de l'assignatura.

#### 4.3.3.3. Evolució de la rellevància de les diferents tipologies de limitacions al llarg de la transformació de l'assignatura

Una vegada establertes les relacions entre grau de presència i nivell d'importància, i conèixer l'evolució de la rellevància de les limitacions en general, es va voler identificar de quin tipus eren les limitacions que havien tingut una alta rellevància, una rellevància moderada i una baixa rellevància respecte l'objectiu principal de la transformació (modelització).

Per això vam comptabilitzar el nombre de limitacions de cada tipus (de meta-reflexió didàctica, de models i de modelització) que tenien un grau de rellevància o altre. A continuació vam representar gràficament els resultats amb un gràfic de barres, on per cada grau de rellevància didàctica de la limitació (eix de les X) es representen el nombre de limitacions identificades de cada tipus (eix de les Y, codi de colors).

La determinació de la rellevància didàctica per cada tipus de limitació s'ha realitzat pels dos anys analitzats (2013-14 i 2014-15). Els resultats pels dos anys s'han comparat, en un intent d'identificar la tendència o evolució de la rellevància didàctica de cada tipus de limitacions al llarg de la transformació de l'assignatura.

#### 4.3.3.4. Principis de disseny que requereix una transformació d'una assignatura d'aquest tipus

Per últim, es van agrupar i categoritzar les alternatives de disseny introduïdes a l'assignatura en uns **principis de disseny** més generals o teòrics, que volen servir com a producte teòric (o proto-teoria) aplicable a altres contextos. Concretament, aquests principis els considerem útils per a modificar o dissenyar altres entorns d'aprenentatge similars, és a dir, en contextos de formació inicial del professorat on es vulgui promoure la participació en les pràctiques de modelització i la construcció de models científics escolars. En el nostre cas, els principis de disseny s'organitzen en les tres tipologies prèviament esmentades: de meta-reflexió didàctica, de models i de modelització. La importància d'identificar principis de disseny en el marc de la RBD rau en el fet de que no només guien didàcticament la formació en base a resultats de recerca, sinó que constitueixen en si mateixos aspectes que caldrà investigar més en el futur (DBR Collective, 2003; Hernández et al., 2015).

### 4.3.4. Resultats i discussió

#### 4.3.4.1. Limitacions de l'assignatura i alternatives de disseny proposades

A continuació presentem el llistat de limitacions identificades a l'assignatura i les alternatives de disseny proposades, tant durant el primer any com durant el segon (Taula 5 i (Taula 6.).

Les limitacions i alternatives són de diferents tipus: de meta-reflexió (en lila), de models (en blau) i de modelització (en verd). Això s'especifica a la primera columna de les taules ("Tip").

A les taules també s'especifica el grau de presència de les limitacions (a la columna "Pres") i el nivell d'importància de les limitacions (a la columna "Imp"). Per a cada limitació s'indica si el grau de presència era Sistèmic (Si), Comú (C) o Anecdòtic (A) i s'acompanya d'un sistema de colors vermells que va de més fosc a més clar respectivament. Per cada limitació s'indica també si el

nivell d'importància era Destacada (D) o Lleu (LI), també acompanyant-ho d'un sistema de colors taronges de més fosc a més clar respectivament.

En el primer any (curs 2013-14), es van identificar 12 limitacions en l'assignatura així com 12 alternatives de disseny, de les quals 2 eren de meta-reflexió didàctica, 1 de models i 9 de modelització. La majoria de limitacions són sistèmiques o comunes al llarg de l'assignatura, i d'importància destacada (veure Taula 5.).

Capítol 4. Estudi 1: Anàlisi de la transformació de la assignatura

Tip	Limitacions de l'assignatura	Pres	Imp	Alternatives de disseny proposades
De meta-reflexió didàctica	1. En els objectius de l'assignatura no es fa prou èmfasi en la pràctica de modelització ni en la construcció de models, la qual cosa no ajuda a l'alumnat a tenir clars quins són els objectius de l'assignatura.	A	LI	1. Fer explícit l'objectiu de l'assignatura: "Modelitzar per a construir models científics escolars". Mencionar els models científics escolars que es treballen i les idees clau com un tipus d'expressió privilegiada del model. Promoure la reflexió sobre els models (què són, per què ens centrem en models, etc.).
	2. Tot i mostrar-se exemples d'activitats per fer a primària, no es fa una meta-reflexió didàctica sobre com ensenyar des del marc de l'ACE de modelització.	Si	D	2. Promoure la reflexió explícita entorn la modelització com a contingut didàctic a incorporar en una instrucció centrada en l'ACE, especialment després d'haver participat en les pràctiques de modelització (visualitzar vídeo-episodis sobre propostes didàctiques reals de primària i analitzar-les, avaluar una proposta didàctica dels companys o realitzar un qüestionari de reflexió al final de l'assignatura <sup>6</sup> ).
De models	3. Algunes idees treballades no estan centrades en el MCE sinó que són de caire anecdòtiques, contextuais, o massa complexes/ sofisticades, la qual cosa provoca confusió en l'alumnat a l'hora d'estructurar les idees clau que ha de saber del model.	C	D	3. Eliminar les idees que no són clau del model que es vol construir, i centrar les activitat i preguntes només en les idees del model (eliminant o modificant l'experiment o les preguntes per tal que es centrin en la idea clau).
De modelització	4. Certes idees del model es comparteixen amb l'alumnat a l'inici de la sessió, abans de realitzar l'experiència on es treballarà aquella idea, la qual cosa només promou l'ús del model, però no l'expressió, l'avaluació o la revisió d'aquest.	Si	D	4. No donar les idees del model a l'inici de la sessió / activitat, sinó anar-les compartint amb l'alumnat després de la realització de cada tasca de la sessió.
	5. Els experiments es presenten en forma d'afirmació o s'inclou informació dels resultats a l'enunciat d'aquests, la qual cosa no promou sentir la necessitat d'un model.	C	LI	5. Iniciar els experiments i activitats amb una pregunta que requereixi d'un model, sense dir quins seran els resultats de l'experiment, amb l'objectiu que els alumnes sentin la necessitat d'un model per explicar el fenomen.
	6. Les preguntes dels experiments estan orientades a descriure els resultats, i no sempre a utilitzar el model per explicar-los, la qual cosa no promou la construcció del model.	C	D	6. Passar d'una indagació més de caire manipulativa o descriptiva a una indagació basada en models, incorporant preguntes de caire explicatiu (on s'hagi d'utilitzar el model per explicar els resultats).
	7. No es demana expressar explícitament el model inicial ni utilitzar-lo per elaborar hipòtesis o primeres explicacions, la qual cosa no ajuda a adonar-se del seu model inicial per tal de modificar-lo després.	Si	D	7. Demanar l'expressió explícita del model inicial (elaborar dibuixos,...) o utilitzar el model inicial implícit (elaborar hipòtesis, primera explicació) individualment abans d'explorar el fenomen.
	8. No es demana explicitar el model en altres moments de la seqüència, dificultant l'aclariment dels diferents aspectes del model i no promovent altres pràctiques com l'avaluació i revisió del model.	C	D	8. Incloure l'expressió explícita del model en diferents moments de la seqüència (amb dibuixos, esquemes, etc.), per exemple, quan es posa a prova el model de forma empírica, o quan s'aporten nous punts de vista o informació teòrica (per tal d'avaluar i revisar millor el model).
9. No sempre es promou l'avaluació del model, facilitant l'obtenció de noves proves o aprofundint en l'exploració del fenomen.	Si	D	9. Incorporar experiments, fenòmens o preguntes que posin a prova el model inicial dels alumnes.	

<sup>6</sup> El qüestionari pilot s'inclou a l'Annex 2 d'aquesta tesi.

	10. Els experiments no necessàriament s'han ordenat segons l'ordre de les idees del model, és a dir, de més senzilles a més complexes.	Si	D	10. Ordenar els experiments per afavorir l'avaluació del model, de manera que cada idea connecti amb allò fet abans i es vagin construint cada vegada idees més sofisticades del model.
	11. No s'inclouen tasques concretes de revisió del model que aportin una nova visió experta o afavoreixin la comparació d'idees entre iguals.	Si	D	11. Aportar nous punts de vista "no experts" (promovent la discussió entre iguals, mostrant altres idees equivalents,...) o informació teòrica (simulacions, fórmules, expressions sofisticades del model,...) en el moment adequat, és a dir, després d'avaluar el model, així com preguntes que ajudin a sofisticar i millorar el model, i que requereixin explicitar el model millorat.
	12. No es demana l'aplicació del model construït a un nou fenomen o experiment.	A	LI	12. Afegir tasques on es demani l'aplicació del model a noves situacions, és a dir, la utilització el model per predir o explicar un nou fenomen.

**Taula 5:** Limitacions identificades el primer any (Curs 2013-14) i alternatives de disseny proposades

En el segon any (curs 2014-15), on ja s'havien incorporat les alternatives de disseny proposades el curs anterior, es van identificar 11 limitacions més que van derivar en 11 noves alternatives de disseny (tot i que alguna d'elles es va repetir). Durant el segon any, 2 limitacions eren de meta-reflexió didàctica, 5 eren de models i 4 de modelització. La majoria de limitacions segueixen sent sistemàtiques o comunes, i segueixen havent-hi limitacions d'importància destacada, tot i que també hi ha vèries lleus (veure Taula 6.).

Tip	Limitacions de l'assignatura	Pres	Imp	Alternatives de disseny proposades
De meta-reflexió didàctica	1. No es reflexiona entorn les implicacions de treballar per modelització a l'aula, la qual cosa provoca en l'alumnat certa incertesa sobre la manera de treballar diferent de l'assignatura.	C	LI	1. Reflexionar explícitament sobre les implicacions de treballar fent modelització a l'aula de ciències des del principi de l'assignatura (incorporació de reflexions orals explícites) fins al final (modificació del qüestionari final <sup>7</sup> ).
	2. No s'incorpora una meta-reflexió sobre la naturalesa de les ciències, concretament la naturalesa dels models i la modelització, la qual cosa els pot donar una idea de la naturalesa de les ciències errònia.	C	LI	2. Fer una meta-reflexió sobre la naturalesa dels models científics i la modelització com a pràctica científica fonamental.
De models	3. Algunes idees treballades no estan centrades en el MCE sinó que són de caire anecdòtiques, contextuais, o massa complexes/ sofisticades, la qual cosa provoca confusió en l'alumnat a l'hora d'estructurar les idees clau que ha de saber del model.	A	LI	3. Eliminar les idees que no són clau del model que es vol construir, i centrar les activitat i preguntes només en les idees del model (eliminant o modificant l'experiment o les preguntes per tal que es centrin en la idea clau).
	4. Algunes idees dels models s'aprenen teòricament però no s'entenen realment (perquè no es saben usar per explicar fenòmens concrets).	Si	D	4. Definir i incloure en el document escrit ( <i>Power point</i> ) les idees clau del model, utilitzant un llenguatge proper a l'alumnat i connectat al fenomen escollit.
	5. Algunes idees del model no es treballen perquè al ser senzilles es consideren superades per aquest nivell, però l'alumnat no mostra haver-les superat. Això suposa una limitació per incorporar les idees següents del model.	Si	D	5. Dissenyar la seqüència didàctica en progressió, començant per les idees del model més senzilles (sense considerar-les superades) i seguint amb idees cada vegada més complexes.

<sup>7</sup> El qüestionari modificat s'inclou a l'Annex 2 d'aquesta tesi.

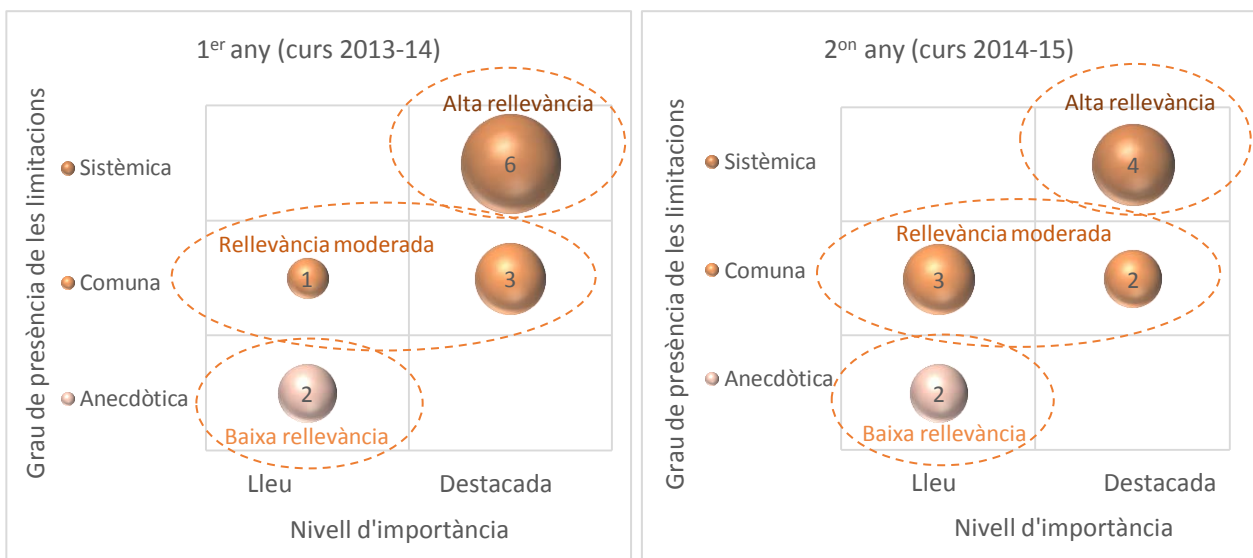


	6. L'alumnat no té clares quines són les idees clau dels MCE que ha de saber i reclama la necessitat d'aclarir i rebre explícitament les versions definitives dels models.	Si	D	6. Incloure per a cada model una fase on es faciliti l'estructuració de les idees individuals en un model final consensuat (fase 5) i compartir-les amb l'alumnat.
	9. Les sessions inclouen masses tasques pel temps donat i no dóna temps a acabar les activitats ni a pair les idees del model.	C	D	7. Eliminar les idees del model que no siguin imprescindibles i les tasques que es realitzen per a la seva construcció.
De_modelització	7. Algunes idees del model incloses en els documents escrits (ex. <i>Power Point</i> ) es treballen amb diferent profunditat, unes amb més profunditat i altres molt poca, de manera que no es promou la construcció sistemàtica de cada idea del model.	C	D	8. Dissenyar activitats per construir les idees que són clau del model, utilitzant experiments o fenòmens paradigmàtics que ajudin a construir cada idea del model.
	8. Certes idees del model es comparteixen amb l'alumnat a l'inici de la sessió, abans de realitzar l'experiència on es treballarà aquella idea, la qual cosa només promou l'ús del model, però no l'expressió, l'avaluació o la revisió d'aquest.	A	LI	9. No donar les idees del model a l'inici de la sessió / activitat, sinó anar-les compartint amb l'alumnat després de la realització de cada tasca de la sessió.
	10. L'expressió del model demanada no és prou concreta, dificultant la construcció del model i la comunicació entre iguals i amb la professora.	C	LI	10. Fer demandes més concretes i detallades de l'expressió del model.
	11. Tot i promoure's les diferents pràctiques de modelització (utilitzar el model, expressar el model, etc.), aquestes no estan ordenades seguint un cicle concret.	Si	D	11. Transformar cada seqüència seguint el cicle de modelització: dissenyant activitats que promoguin les fases 2,3 i/o 4 per a cada idea del model i les fases 1,5 i 6 al menys de cada model.

Taula 6: Limitacions identificades el primer any (Curs 2014-15) i alternatives de disseny proposades.

#### 4.3.4.2. Rellevància de les limitacions i evolució al llarg de la transformació de l'assignatura

Després de relacionar el grau de presència i el nivell d'importància de les limitacions identificades, vam obtenir el nombre de limitacions que hi havia amb cada grau de rellevància, tant en el 1<sup>er</sup> any com en el 2<sup>on</sup> any de transformació de l'assignatura.



Gràfic 1. Evolució de la rellevància didàctica de les limitacions entre el 1<sup>er</sup> any i el 2<sup>on</sup> any.



Aquests resultats es presenten en el gràfic d'evolució de la rellevància de les limitacions (gràfic 1), on es mostra comparativament quantes limitacions hi va haver de cada grau de rellevància (baix, moderat o alt) en el primer any i en el segon any de transformació.

En aquest sentit, observem que el 1<sup>er</sup> any es van identificar 6 limitacions **d'alta rellevància didàctica** (és a dir, sistèmiques i destacades), mentre que el 2<sup>on</sup> any les limitacions d'alta rellevància es va reduir a 4, mostrant una lleugera tendència a disminuir les limitacions més rellevants, tal i com s'espera en un procés de millora.

Un exemple de limitació d'alta rellevància didàctica identificada el primer any va ser la poca promoció d'avaluació del model, ja que per la majoria de models no es facilitava la obtenció de proves ni s'aprofundia en l'exploració del fenomen (limitació 9), sinó que es demanava únicament interpretar els resultats en base al model ja donat. Amb l'objectiu de promoure l'avaluació del model es van haver de fer canvis importants i profunds, com la incorporació d'experiments, fenòmens o preguntes que possessin a prova el model. Per exemple, després de realitzar l'experiment de barrejar aigua i sal (on es treballa la idea de discontinuïtat de la matèria), es va introduir un nou experiment consistent en posar aigua sobre un tros de plàstic i de paper per observar la possibilitat de "barreja" entre l'aigua i altres materials, per tal de promoure l'avaluació del model previ (basat normalment en barreja espacial de partícules) i incorporar idees més sofisticades (per exemple, la idea d'enllaços entre partícules).

En el cas de les limitacions **de rellevància didàctica moderada** (és a dir, comunes i destacades o comunes i lleus), el 1<sup>er</sup> any van haver-hi un total de 4 limitacions (1 comuna i lleu + 3 comunes i destacades) i el 2<sup>on</sup> any va haver-hi 5 limitacions (3 comunes i lleus + 2 comunes i destacades). La tendència que s'observa és a passar de ser limitacions més destacades a limitacions més lleus al llarg del procés de transformació.

Un exemple de limitació de rellevància didàctica moderada identificada el primer any, concretament amb un grau de presència comú i una importància destacada, era que les preguntes dels experiments estaven orientades sobretot a descriure els resultats, i no a interpretar-los (limitació 6). Per exemple, en l'experiment de la pastilla efervescent la única demanda que es feia consistia en mesurar la massa d'abans i després. Tenia una importància destacada perquè en passar d'una indagació de caire manipulativa o descriptiva a una indagació basada en models, cal incorporar preguntes de caire explicatiu (on s'hagi d'utilitzar el model per explicar els resultats). Això implica canvis importants en el disseny, incorporant preguntes que focalitzin la mirada en la idea del model que es vol treballar, com per exemple, en l'experiment de la pastilla efervescent, les preguntes de "Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre?" i "On ha anat la massa que falta?".

Un altre exemple de limitació de rellevància didàctica moderada identificada el segon any, en aquest cas amb un grau de presència comú però amb una importància lleu, va ser que l'expressió del model demanada no era prou concreta, dificultant la construcció del model i la comunicació entre iguals i amb la professora (limitació 10). Això es va evidenciar perquè les idees que apareixen en les produccions escrites finals eren menys sofisticades o detallades que aquelles que havien aparegut durant la discussió. Per exemple, l'alumnat discutia sobre la mida de les partícules però

en els dibuixos no es tenia en compte la mida d'aquestes, ja que la demanda era general ("dibuixa les partícules") i no requeria representar aspectes concrets. La importància de la limitació era lleu perquè el canvi només consistia en detallar i concretar les demandes d'expressió del model, per exemple en aquest cas demanar que s'especifiquin aspectes de les partícules com la mida, la distància entre elles o la ordenació.

Per últim, les limitacions **de baixa rellevància didàctica** (és a dir, anecdòtiques i lleus) van ser 2 en el primer any i 2 en el segon any; per tant veiem que les limitacions poc rellevants es mantenen al llarg del procés de transformació.

Un exemple de limitació de baixa rellevància didàctica identificada el primer any va ser que en els objectius de l'assignatura no es feia gaire èmfasi en reflexionar sobre la pràctica de modelització ni sobre els models, la qual cosa no ajudava a l'alumnat a tenir clars els objectius de l'assignatura (limitació 1). La limitació es considera anecdòtica perquè només apareix a l'inici de l'assignatura. També es considera lleu perquè no va tenir implicacions didàctiques importants. El canvi introduït va consistir en fer explícit l'objectiu de l'assignatura (modelitzar per a construir models científics escolars) a l'inici de l'assignatura, explicant que els models científics escolars són uns continguts científics escollits pel seu potencial per explicar molts fenòmens i que les idees clau que els formen són un tipus d'expressió privilegiada del model.

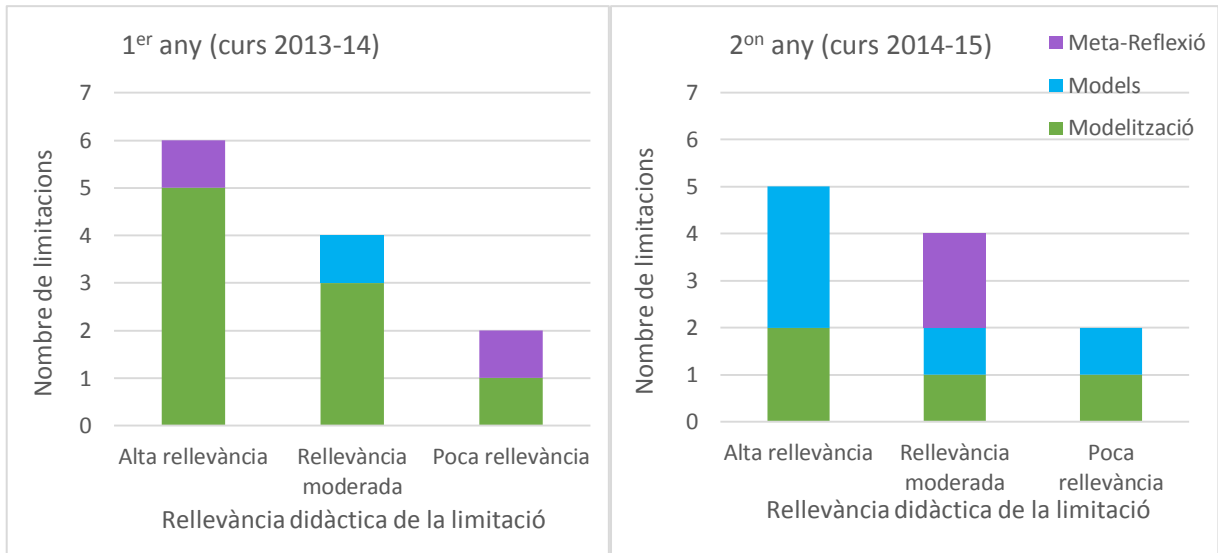
En termes generals, els resultats mostren que hi ha certa **reducció de la rellevància de les limitacions** del primer al segon any, en reduir-se les limitacions destacades i sistèmiques. Ara bé, tot i que la tendència és a reduir la rellevància de les limitacions, l'evolució que es dona no és molt gran. El fet que augmentin les limitacions lleus, ens porta a pensar, però, que el procés de transformació de l'assignatura **encara requeriria una tercera iteració**. Això ens indica que el procés de transformació d'una assignatura d'aquest tipus és molt **complex** i continua sent molt demandant en una segona iteració.

Els canvis profunds que es proposen arrel de la segona iteració es van implementar durant el curs 2015-16 (3<sup>er</sup> any). És sobre aquesta versió millorada de l'assignatura que es realitza l'estudi 2. No hem fet, però, l'estudi de les limitacions pendents en una tercera iteració, on esperariem que es veiés una reducció de les limitacions i de la magnitud d'aquestes molt més clara.

#### 4.3.4.3. Evolució de la rellevància de les diferents tipologies de limitacions al llarg de la transformació de l'assignatura

Per tal de saber si l'evolució de la rellevància tenia a veure amb l'objectiu principal de la transformació de l'assignatura (modelització) o amb d'altres (de meta-reflexió didàctica o de models), es va mirar de quin tipus eren les limitacions que tenien una alta rellevància, una rellevància moderada i una baixa rellevància.

Al gràfic 2. es mostren els resultats obtinguts de l'evolució de la rellevància segons el tipus de limitació, a partir de comparar (entre el 1<sup>er</sup> i el 2<sup>on</sup> any) quantes limitacions de cada tipus són de cada grau de rellevància.



**Gràfic 2:** Evolució de la rellevància didàctica de les limitacions de cada tipus entre el 1<sup>er</sup> any i el 2<sup>on</sup> any. Es distingeixen les limitacions de meta-reflexió didàctica, de models i de modelització).

El resultat més destacable que mostren els gràfics és un canvi important de les limitacions d'alta rellevància (i de rellevància moderada) entre els dos anys: el primer any les limitacions més rellevants són sobretot per afavorir la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització, mentre que el segon any són sobretot referents al contingut conceptual, és a dir, a l'aprenentatge d'uns models científics escolars clau.

Tenint en compte que l'evolució de la rellevància en general mostra la necessitat de molts canvis en la segona iteració, aquests resultats ens indiquen que l'èmfasi durant el primer any en incorporar la modelització a l'assignatura no va produir els resultats esperats, i que **al segon any va ser necessari introduir canvis profunds en relació als models, en paral·lel als de modelització**. És a dir, l'enfocament didàctic centrat en la pràctica científica ha mostrat la necessitat de **reformular profundament el contingut conceptual**, per tal que els canvis de modelització fossin més productius.

La importància donada a aquestes dues dimensions (promoure la modelització i l'aprenentatge de models) que considerem tan importants però que són tan complexes i profundes, no ens ha permès explotar tant la part **didàctica** de l'assignatura. És per això que els canvis proposats són menys nombrosos i molt pocs tenen una elevada rellevància. En una següent iteració s'haurien d'incorporar canvis de meta-reflexió didàctica de forma més evident, sistemàtica i profunda en el disseny de l'assignatura.

#### 4.3.4.4. Principis de disseny proposats

Els principis de disseny extrets dels canvis introduïts a l'assignatura estan agrupats en els **tres tipus** prèviament definits: de Meta-Reflexió didàctica, de Models i de Modelització. A la taula 7 es mostren els **principis de disseny proposats**, agrupats en els diferents tipus i relacionant-los amb les alternatives de disseny que engloben (ex. "1 (any 2)" seria l'alternativa de disseny 1 de l'any 2 o curs 2014-15).

Tipus	Principis de disseny	Alternatives de disseny
De meta-reflexió didàctica (Dimensió Didàctica)	<b>D1. Promoure la reflexió explícita entorn els models com a continguts conceptuals de ciències</b> al llarg de l'assignatura: què són, per què ens centrem en models, quins tipus hi ha, etc.	1 (any 1) 2 (any 2)
	<b>D2. Promoure la reflexió explícita entorn la modelització com a pràctica científica</b> , especialment després d'haver participat en la pràctica de modelització: què és modelitzar, què implica aprendre modelitzant, etc.	1 (any 2) 2 (any 2)
	<b>D3. Promoure la reflexió explícita entorn l'activitat científica escolar de modelització</b> com una bona aproximació didàctica per ensenyar i aprendre ciències (models i modelitzar).	2 (any 1)
De models (Dimensió Conceptual)	<b>C1. Definir la versió del model científic escolar (MCE) clau</b> on es vol arribar, <b>ordenar les idees clau seqüencialment</b> segons el grau de complexitat/profunditat.	3 (any 1) 3 i 4 (any 2)
	<b>C2. Centrar les tasques</b> (experiments, debats, etc.) i <b>demandes</b> (preguntes, tasques, etc.) <b>en les idees clau del model</b> , i no en altres idees (anecdòtiques, contextuais o massa sofisticades).	3 (any 1) 3 i 7 (any 2)
	<b>C3. Dissenyar la seqüència didàctica</b> (activitats, tasques, etc.) <b>segons l'ordre de les idees del model</b> , començant per les idees més simples i sense considerar-les superades.	10 (any 1) 5 (any 2)
De modelització (Dimensió Pràctica)	<b>P1. Escollir un experiment/fenomen paradigmàtic i assequible per treballar cada idea del model</b> , és a dir, experiments o fenòmens que promoguin la construcció de cadascuna de les idees del model.	8 (any 2)
	<b>P2. Dissenyar la seqüència didàctica seguint les fases del cicle de modelització<sup>8</sup></b> , on s'inclouin cicles y sub-cicles per les diferents idees clau que es treballen. 1. Proposar un fenomen quotidià i una pregunta guia que requereixi d'una explicació (per reconèixer la necessitat d'un model), 2. Demanar l'expressió o ús del model inicial (per expressar/utilitzar el model inicial), 3. Posar a prova el model de forma empírica (per avaluar el model), 4. Generar o aportar nous punts de vista o informació teòrica (per revisar el model), 5. Facilitar l'estructuració de les idees individuals en un model final consensuat i compartit (per consensuar el model) 6. Promoure la transferència del model a noves situacions (per aplicar el model).	4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 (any 1) 4, 6, 9, 10, 11 (any 2)
	<b>P3. Demanar l'expressió explícita del model de manera detallada en diferents moments</b> de la seqüència, especificant el màxim de detall possible.	8 (any 1)

Taula 7: Principis de disseny.

Proposats per dissenyar entorns d'aprenentatge enfocats a la formació de docents (dimensió didàctica), amb els objectius de promoure la modelització (dimensió pràctica) i aconseguir el domini d'uns MCE (dimensió conceptual).

Els principis de disseny proposats inclouen, naturalment, principis per promoure la **modelització** (ja que era l'objectiu de transformació de l'assignatura). Tot i així, també s'han obtingut uns principis de disseny enfocats a promoure l'aprenentatge de **models** i per a promoure la **meta-reflexió didàctica**.

En primer lloc, els principis de disseny enfocats en la **meta-reflexió didàctica** són especialment rellevants en els contextos de formació inicial del professorat, ja que permet començar a introduir, de maner a molt lligada a la pròpia experimentació com alumnes, aquest coneixement didàctic que els futurs mestres han de tenir (Mellado, 1994; Shulman, 1993). De fet, en el nostre context és un dels objectius de l'assignatura. Però a què ens referim amb "meta-reflexió"? En línia amb altres

<sup>8</sup> Cal tenir en compte que el tipus de Canvi P2 és precisament el disseny de la seqüència didàctica seguint la seqüència instruccional del cicle de modelització, la qual es presenta en detall en el següent apartat de resultats 4.4.1. ("Construcció d'un cicle de modelització i la seva seqüència instruccional").

autors (Jiménez Liso, López-Gay, & Martínez Chico, 2012; Schwarz, 2009), ens referim a la necessitat de fer una reflexió explícita dels aspectes didàctics per aconseguir una transferència adequada del coneixement didàctic. Ara bé, aquesta reflexió explícita no s'ha de fer de manera aïllada i teòrica (la qual cosa ha demostrat no tenir èxit per quedar descontextualitzada de la realitat de l'alumnat), sinó directament connectada amb la pròpia experiència d'aula. És a dir, considerem que s'ha de promoure una meta-reflexió d'aquelles metodologies didàctiques que els alumnes ja han hagut d'experimentar com a alumnes, i per tant haver-los viscut en primera persona (com la participació d'una pràctica científica escolar). En definitiva, creiem que el treball explícit sobre la metodologia didàctica (meta-reflexió didàctica) ha d'anar íntimament lligat a un treball implícit d'aquesta (participació en unes pràctiques científiques de modelització per a construir els models científics escolars). Aquests tipus de canvis o principis de disseny centrats en la meta-reflexió didàctica, doncs, poden ser útils per altres formacions de professorat on ja es realitzi una aproximació didàctica enfocada en l'activitat científica escolar.

Cal fer esment que proposar uns principis de disseny per centrar l'assignatura en **models** té a veure tant amb el nostre marc teòric com amb allò que hem après durant les dues iteracions realitzades a l'assignatura. En primer lloc, des del nostre marc considerem que fer participar als alumnes de pràctiques científiques escolars com la modelització és igual d'important que aconseguir que els alumnes aprenguin uns MCE clau. Enfocar-nos únicament en promoure la modelització ens podria portar fàcilment a situacions en les quals l'alumnat participa i aprèn una pràctica científica molt rica però que no construeix cap coneixement científic rellevant o model teòric clau. Per tant, per a nosaltres és essencial no perdre de vista quin és el contingut conceptual o les idees clau del MCE que volem que assoleixin els alumnes (Clement, 2000; Izquierdo, Caamaño, & Quintanilla, 2007; López-Mota & Moreno-Arcuri, 2014; Rea-Ramírez, 2008). En segon lloc, els resultats ja ens havien mostrat que no és possible només centrar-se en introduir canvis relacionats amb el "com" fer a l'aula (introduint la pràctica científica de modelització) sense replantejar-nos el "què" ensenyar (quin és el contingut científic conceptual o els MCE que volem que aprenguin els alumnes). Per tant, podem dir que, tot i que una formació ja estigui centrada en models, quan volem introduir la pràctica científica de modelització, també és necessari replantejar-se els models a ensenyar i introduir canvis en aquest sentit. Els principis de disseny sobre models que s'extreuen del nostre procés de transformació de l'assignatura ens indiquen una forma concreta per fer-ho. En el nostre cas, ha estat seleccionant les idees clau (C1), dissenyant tasques explícitament enfocades a construir-les (C2) i seqüenciant-les adientment (C3). Com es veurà a l'estudi 2, aquesta estratègia ha estat efectiva.

El caràcter representacional dels models (és a dir, el fet que hi ha moltes maneres de representar la mateixa idea; com enunciat, com a esquema, com a pregunta, com a dibuix, com a fórmula...), fa que inicialment no tinguéssim una versió privilegiada del model científic escolar (MCE). Aconseguir tenir el MCE per a aquest nivell (formació inicial de mestres de primària) i en progressió (les idees clau del model ordenades per grau de complexitat), ha requerit d'un procés llarg de reflexió i discussió entre formadores/investigadores, de revisió de literatura i de posada a prova a la pràctica de l'aula. Aquest procés ha implicat "*seleccionar els continguts en funció d'un model teòric, [...] eliminant els coneixements incompatibles o irrelevants que pertanyen a un altre*

*model*” (Izquierdo, 2005, p. 120), i dissenyar en conseqüència. Centrar-nos en un nombre limitat d’idees clau i de models, en comptes d’intentar cobrir un nombre elevat de temes permet que l’aprenentatge sigui més eficaç, ja que els alumnes només poden connectar significativament coneixements que pertanyin al mateix model teòric (Izquierdo, 2005). A més, treballar unes poques idees permet tenir més temps per explorar cada idea amb més profunditat (NRC, 2012). Ordenar-les en grau de complexitat, a més, ajuda molt a saber quin camí vols que facin els alumnes i a dissenyar activitats coherents que els ajudin a avançar per aquest camí (saber quina tasca, fenomen/experiment i pregunta pots proposar per ajudar-los a treballar cada idea).

Finalment, els principis de disseny proposats per promoure les participació dels alumnes en les pràctiques de **modelització** van dirigits a aconseguir que siguin els propis alumnes els qui vagin construint el model, en comptes de rebre’l per part del professorat i només utilitzar-lo en nous contextos (en el nostre cas, tal i com estava dissenyada l’assignatura inicialment). Aquests principis també han demostrat ser útils en el nostre context, tal i com es mostra a l’estudi 2 de la tesi. Concretament, aquests principis consisteixen en seleccionar fenòmens i experiments paradigmàtics per treballar cada idea del model (P1), dissenyar la seqüència seguint el cicle de modelització proposat (P2) i demanar l’expressió explícita del model en diferents moments de la seqüència (P3).

És especialment important escollir conscientment i fonamentadament els fenòmens i experiments de tal manera que siguin “paradigmàtics” per a treballar cada idea del MCE, és a dir, fenòmens acuradament seleccionats pel seu potencial com ‘exemplars’ de les idees teòriques que es treballaran a classe (Izquierdo, 2014; Paz, 2015). En altres paraules, cal escollir aquells fenòmens que més fàcilment *suggerixin* les idees que volem treballar. A més, cal escollir-los de manera que el tipus de manipulació o procediment estigui a l’abast de l’alumnat (ho pugui realitzar fàcilment a classe) i que sigui adequat al context socio-cultural dels alumnes, per tal que siguin interessants. A més, caldrà que les preguntes, demandes, etc. estiguin enfocades a les idees clau a treballar (Izquierdo, Sanmartí, & Estaña, 2007), promovent així una “manera de mirar” determinada. De no fer-ho així, correm el risc de no ajudar als alumnes a construir les idees que volem que construeixin o fins i tot a promoure una construcció d’idees inadequades segons el MCE. Tal i com es defensa en el document del NRC: *“aquestes investigacions [experiments, experiències, fenòmens, etc.] han de ser seleccionades acuradament per vincular-les a les idees científiques importants, i també han de ser estructurades tenint en compte el tipus de suport que necessitaran els estudiants, segons el seu nivell de competència. Sense aquest suport, els estudiants poden tenir dificultats per trobar un sentit a les seves investigacions, o [...] poden no entendre com els resultats de les seves investigacions connecten amb una idea clau donada”* (NRC, 2012, p. 255).

D’altra banda, dissenyar la seqüència seguint les fases del cicle de modelització proposat (de la fase 1 a la fase 6) ens permet saber en quin ordre seqüenciar les tasques per tal d’anar construint cada idea del MCE. Tot i que es proposen 6 fases amb un ordre concret, es poden donar mini-cicles dins del cicle gran per tal de treballar les diferents idees clau, especialment a les fases 2, 3 i 4, on es vol que l’alumnat s’impliqui en pràctiques d’expressió, avaluació i revisió del model. Aquest cicle s’explica detalladament a l’apartat de resultats d’aquest estudi 4.4.1. “Construcció d’un cicle de modelització i la seva seqüència instruccional”.



Per últim, hem vist important demanar l'expressió explícita del model de manera detallada en diferents moments de la seqüència. Els dibuixos, els esquemes o les representacions són diferents maneres d'expressar el model. Aquesta expressió no només és necessària a l'inici de la seqüència per fer a l'alumne i al professor conscients del model mental inicial, sinó que cal realitzar-ho en les diferents fases dins de la seqüència (o cicle de modelització), ja que aquesta representació explícita i detallada (on s'expressen els diferents enunciats i relacions del model mental de l'alumne) permet discutir el model, compartir-lo amb els companys, consensuar el nom dels seus components, revisar-lo, etc. És a dir, serveix per modificar-lo reflectint les modificacions que es van proposant al llarg de la discussió (Clement, 2008b). Sense aquesta expressió explícita i detallada s'ha vist que apareixen problemes de comprensió entre companys i amb la professora, i és més difícil avançar cap a versions més sofisticades del model ja que no s'identifiquen i per tant no es pot discutir sobre els components concrets del model.

#### 4.4. Disseny d'instruments per promoure la modelització i la construcció de dos models concrets. Objectiu 1.2.

##### 4.4.1. Construcció d'un cicle de modelització i la seva seqüència instruccional

El procés iteratiu que es va fer de transformació de l'assignatura durant tres anys, es va anar realitzant paral·lelament i simultàniament a la construcció d'un **cicle de modelització i una seqüència instruccional** per a promoure la modelització a l'aula (Objectiu 1.2.). Aquest cicle de modelització es tracta d'una sofisticació i especificació d'un dels principis de disseny proposats (P2), on s'inclouen les fases que s'han de seguir per a dissenyar entorns d'aprenentatge que promoguin la modelització. Com a investigadores i formadores hem anat sofisticant el cicle a mesura que hem avançat en la recerca i modificació iterativa de l'assignatura, i ens l'hem anat apropiant. A continuació expliquem les diferents etapes de construcció del cicle de modelització, justificant els canvis incorporats en cada etapa.

##### 4.4.1.1. Primera etapa

En una primera etapa (primer any), en base a la literatura sobre modelització i progressions d'aprenentatge, especialment inspirant-nos en Schwarz i col·legues (2009) i es van establir i definir quines eren les diferents **pràctiques de modelització** en els que podia participar l'alumnat (tal i com s'explica al marc teòric general de la tesi): **l'expressió del model** (explicitar el model de manera més general), **l'ús del model** (explicar o predir fenòmens fent ús del model), **l'avaluació del model** (jutjar el grau d'ajust entre el model i el fenomen) i **la revisió del model** (millorar el model per augmentar el seu poder explicatiu). Les alternatives de disseny proposades el primer any en relació a la modelització tenien com a objectiu sobretot promoure la participació de l'alumnat en aquestes quatre pràctiques de modelització.

Paral·lelament es va començar a dissenyar una seqüència de modelització o cicle, el qual està basat i presenta paral·lelismes amb el cicle d'aprenentatge utilitzat al nostre context (Jorba & Sanmartí, 1996) (com es discuteix més endavant). Sobretot, però, i tal i com s'explica també al marc teòric, ens vam inspirar en els cicles o seqüències d'ensenyament centrades en la

modelització o la construcció de models (Baek et al., 2011; Hernández et al., 2015; Khan, 2007; Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008a). Ordenant, relacionant i integrant les diferents propostes de seqüències, vam fer una primera proposta: una **primera versió de seqüència o cicle de modelització** (Taula 8). Aquest cicle es va representar en un esquema amb format circular, per fer-lo més visual (veure Figura 13).



Capítol 4. Estudi 1: Anàlisi de la transformació de la assignatura

<b>Cicle GEM</b> (Khan, 2007)	<b>Converses que afavoreixen MBI</b> (Windschitl et al., 2008a)	<b>Seqüència d'ensenyament modelitzador</b> (Schwarz et al., 2009)	<b>Seqüència d'ensenyament centrat en la modelització</b> (Baek et al., 2011)	<b>Estructura de les activitats</b> (Hernández et al., 2015)	<b>Seqüència de modelització proposada (Primera versió)</b>	
	Establir paràmetres generals (fenomen)	Ancorar en el fenomen	Ancorar en el fenomen		1. Presentar i explorar un <b>fenomen</b>	
	Organitzar què sabem i què voldríem saber (pregunta)		Pregunta central		2. Plantejar una <b>pregunta</b> (allò que no sabem) que requereixi d'una explicació	
Generar models	Generar hipòtesis	Construir un model inicial	Construir model inicial	<i>Elicitar</i> el model mental preliminar	3. <b>Utilitzar i Explicitar el model</b> mental inicial (generant hipòtesis i fent dibuixos)	
Avaluar models	Cercar proves	Posar a prova el model empíricament	Fer investigacions empíriques		4. Cercar <b>proves</b> (experimentació / ús de dades disponibles sobre el fenomen) o presentació d'un nou <b>fenomen</b> que posi a prova el model	4. Introduir un <b>input teòric</b> (idees més sofisticades del <b>model científic</b> o altres <b>models alternatius entre iguals</b> ) que posi a prova el model
Modificar models	Construir un argument (inclou la revisió del model a la llum de noves proves)	Avaluar el model	Avaluar i revisar el model inicial	Revisar el model a partir de noves proves	5. <b>Analitzar i revisar el model</b> en base a les noves <b>proves</b> obtingudes o del <b>nou fenomen explorat</b> .  5. <b>Analitzar i revisar el model</b> en base a els <b>inputs teòrics (model científic més sofisticat o models alternatius entre iguals)</b>	
		Posar a prova el model en contraposició a altres teories	Introduir idees científiques i simulacions	Revisar el model a partir de la perspectiva científica / nous inputs teòrics		
			Revisar el model	Avaluar i revisar el model Avaluació entre iguals Construir un model consensuat		
	Desenvolupar explicacions sobre com funciona el món (objectiu final)	Utilitzar el model per predir o explicar	Utilitzar el model per predir o explicar	Utilitzar el model en una nova tasca	6. <b>Utilitzar el model</b> per explicar un nou fenomen / dades	

**Taula 8:** Comparació dels cicles/seqüències de modelització de la literatura i primera versió del cicle de modelització.

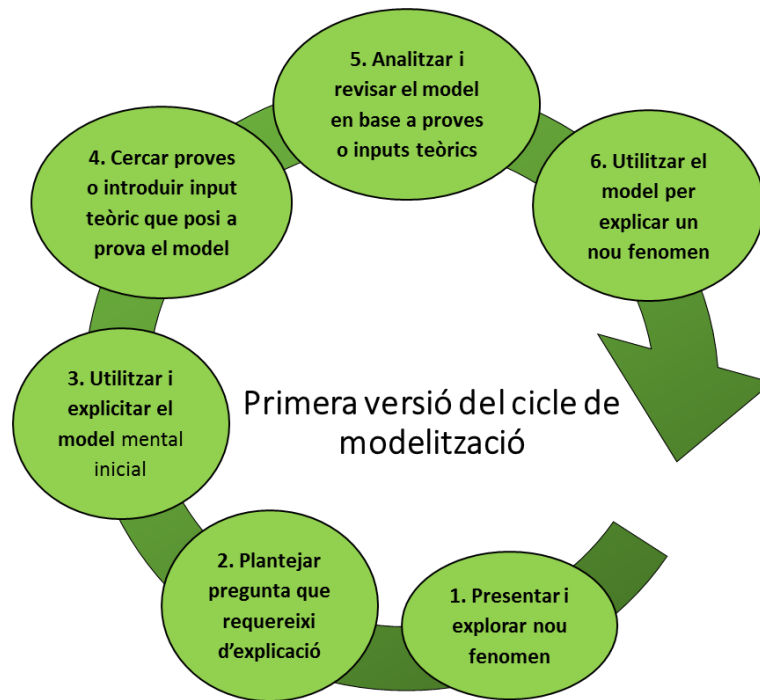


Figura 13: Esquema de la primera versió del cicle de modelització.

#### 4.4.1.2. Segona etapa

En una segona etapa (segon any), l'anàlisi més profunda de l'assignatura va servir per guiar-nos en la re-elaboració i sofisticació de la primera versió del cicle de modelització. Concretament a l'hora de proposar alternatives de disseny vam observar que el cicle tal i com estava definit no era prou útil per a dissenyar d'entorns d'aprenentatge adients i per tant es va modificar en conseqüència. Els 4 canvis realitzats van ser:

**1. Diferenciar l'objectiu didàctic de la instrucció a realitzar:** Es va identificar que a la primera versió de la seqüència no es diferenciava allò que volíem que fessin els alumnes (objectiu didàctic de modelitzar) d'allò que s'hauria d'incorporar en els materials o de fer a classe per tal d'aconseguir l'objectiu (és a dir, la seqüència instruccional). De fet, es va identificar que la seqüència de modelització proposada (de la mateixa manera que algunes de les incloses a la literatura) incloïa algunes fases o verbs que es referien a l'objectiu didàctic (per exemple, la fase 3: *Utilitzar i explicitar el model*) i d'altres que es referien a la seqüència instruccional (per exemple, la fase 2: *plantejar una pregunta que requereixi d'una explicació*). Per tant, amb la intenció d'aclarir aquestes dues dimensions, en el nou cicle vam distingir dos aspectes diferents: *l'objectiu didàctic* (activitat científica escolar de modelització que volem promoure en els alumnes) i *la seqüència instruccional* (activitat o situació didàctica que dissenyem o realitzem a l'aula per tal d'assolir l'objectiu didàctic de modelització).


**2. Unificar fases que passaven simultàniament:** Es va identificar que la fase 1 (*presentar i explorar un fenomen*) i la fase 2 (*plantejar una pregunta que requereixi d'una explicació*) de la primera versió del cicle es superposaven en sentit (es referien en part al mateix) i que a l'aula es donaven simultàniament. Per tant, les vam unificar en una sola fase (fase 1:

*presentar un fenomen quotidià i plantejar una pregunta guia que requereixi d'una explicació).*

**3. Associar l'avaluació del model a un context empíric i la revisió del model a un context teòric:** També vam identificar que la cerca de proves de manera experimental sempre anava relacionada amb l'avaluació del model, i no tant amb la revisió d'aquest (fases 4a i 5a), mentre que la introducció d'inputs teòrics anaven sempre associats a la revisió del model, i no tant a l'avaluació d'aquest (fases 4b i 5b). Amb la intenció de millorar el cicle en aquest sentit es va unificar la fase de posar a prova el model (fase 4), associant-la sempre a un context empíric (obtenció de proves o exploració del fenomen), i es va unificar la fase de revisar i sofisticar el model (fase 5), associant-la sempre amb un context teòric (aportació de la visió experta o la comparació d'idees equivalents).

**4. Afegir una fase de consens i estructuració del model final:** Per últim, en les opinions dels alumnes respecte l'assignatura, es va identificar que calia incloure una fase més en el cicle, en la qual es facilités l'estructuració de les idees individuals en un model final consensuat i es compartís per escrit amb l'alumnat. Per l'alumnat era important **tenir les idees clau del model "ben escrites" al final de la seqüència**. Molts d'ells deien que el fet de no tenir clar què és allò més important que han de saber o com expressar de manera ordenada i clara les idees que han construït, els hi generava molta incertesa i inseguretat. És per això que es va veure la necessitat de crear una fase de consens posterior a la revisió del model (fase 5), on s'estructuressin les idees teòriques, per tal que els alumnes poguessin aplicar-les a nous fenòmens o situacions. Tot i que aquestes idees clau provenen (o han anat construint-se a partir) dels fenòmens amb els quals s'ha anat experimentant al llarg de la seqüència, a la fase de consens s'ha de fer l'esforç de fer-les (de manera consensuada i discutida) més generals o abstractes que a l'explicació local d'aquests fenòmens, i caldrà compartir-les amb tot l'alumnat de manera explícita i clara.

A la Taula 9. presentem les dues propostes (primera versió del cicle a l'esquerra i versió definitiva a la dreta) de manera comparativa.

Primera versió del cicle de modelització		Versió definitiva del cicle de modelització		
<b>Seqüència de modelització proposada</b>		<b>Objectiu didàctic</b> (modelització que volem promoure en els alumnes)	<b>Seqüència instruccional per a la modelització a l'aula de ciències</b> (activitat /situació didàctica que dissenyem/fem per assolir l'objectiu)	
1. Presentar i explorar un <b>fenomen</b>		<b>Construir el model</b>	<b>1. Presentar un fenomen quotidià</b> i plantejar una <b>pregunta guia</b> ( <i>driving question</i> ) que requereixi d'una explicació.	
2. Plantejar una <b>pregunta</b> (allò que no sabem) que requereixi d'una explicació			<b>2. Demanar l'expressió explícita del model inicial</b> (elaboració de dibuixos, ...) o <b>Utilitzar el model inicial implícit</b> (elaboració d'hipòtesis, primeres explicacions,...)	
<b>3. Utilitzar i Explicitar el model</b> mental inicial (generant hipòtesis i fent dibuixos)			<b>3. Avaluar el model</b> (analitzar el grau d'ajust amb la realitat / posar a prova)	<b>3. Posar a prova el model:</b> - Facilitant l'obtenció de proves - Aprofundint en l'exploració del fenomen
4a. Cercar <b>proves</b> (experimentació / ús de dades disponibles sobre el fenomen) o presentació d'un nou <b>fenomen</b> que posi a prova el model	4b. Introduir un <b>input teòric</b> (idees més sofisticades del <b>model científic</b> o altres <b>models alternatius entre iguals</b> ) que posi a prova el model			<b>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b> - Aportant la visió experta (simulació, expressions sofisticades del model,...) - Afavorint la comparació d'idees equivalents (discussió entre iguals, exemplificació d'idees,...)
<b>5a. Analitzar i revisar el model</b> en base a les noves <b>proves</b> obtingudes o del <b>nou fenomen explorat.</b>	<b>5b. Analitzar i revisar el model</b> en base a els <b>inputs teòrics (model científic més sofisticat o models alternatius entre iguals)</b>			<b>4. Revisar el model</b> (sofisticar i millorar aspectes concrets inadequats)
<b>6. Utilitzar el model</b> per explicar un nou fenomen / dades			<b>5. Consensuar un model final i apropiat-se'l</b>	<b>6. Promoure la transferència</b> per aplicar el model a noves situacions o fenòmens
		<b>6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen</b>		

Taula 9: Comparació entra la primera versió del cicle de modelització i la versió definitiva.

#### 4.4.1.3. Cicle de modelització final

Tal i com s'ha explicat en apartats anteriors, el procés d'anàlisi iteratiu de l'assignatura ha servit per construir una **eina o instrument didàctic**: un cicle de modelització. En el cicle de modelització proposat, a diferència d'altres que hi ha a la literatura, diferenciem l'objectiu didàctic (allò que volem aconseguir en els alumnes, que és involucrar-se en les diferents pràctiques de modelització) de la seqüència instruccional (la instrucció que ha de realitzar el docent per aconseguir l'objectiu didàctic), de tal manera que estiguin clares les accions a realitzar i sigui útil per a dissenyar altres entorns d'aprenentatge o unitats didàctiques centrades en la modelització. És a dir, el cicle de modelització proposat determina en què consisteix (quin camí hem de fer per) promoure la pràctica científica de modelització a l'aula, especialment si volem construir uns MCE clau.

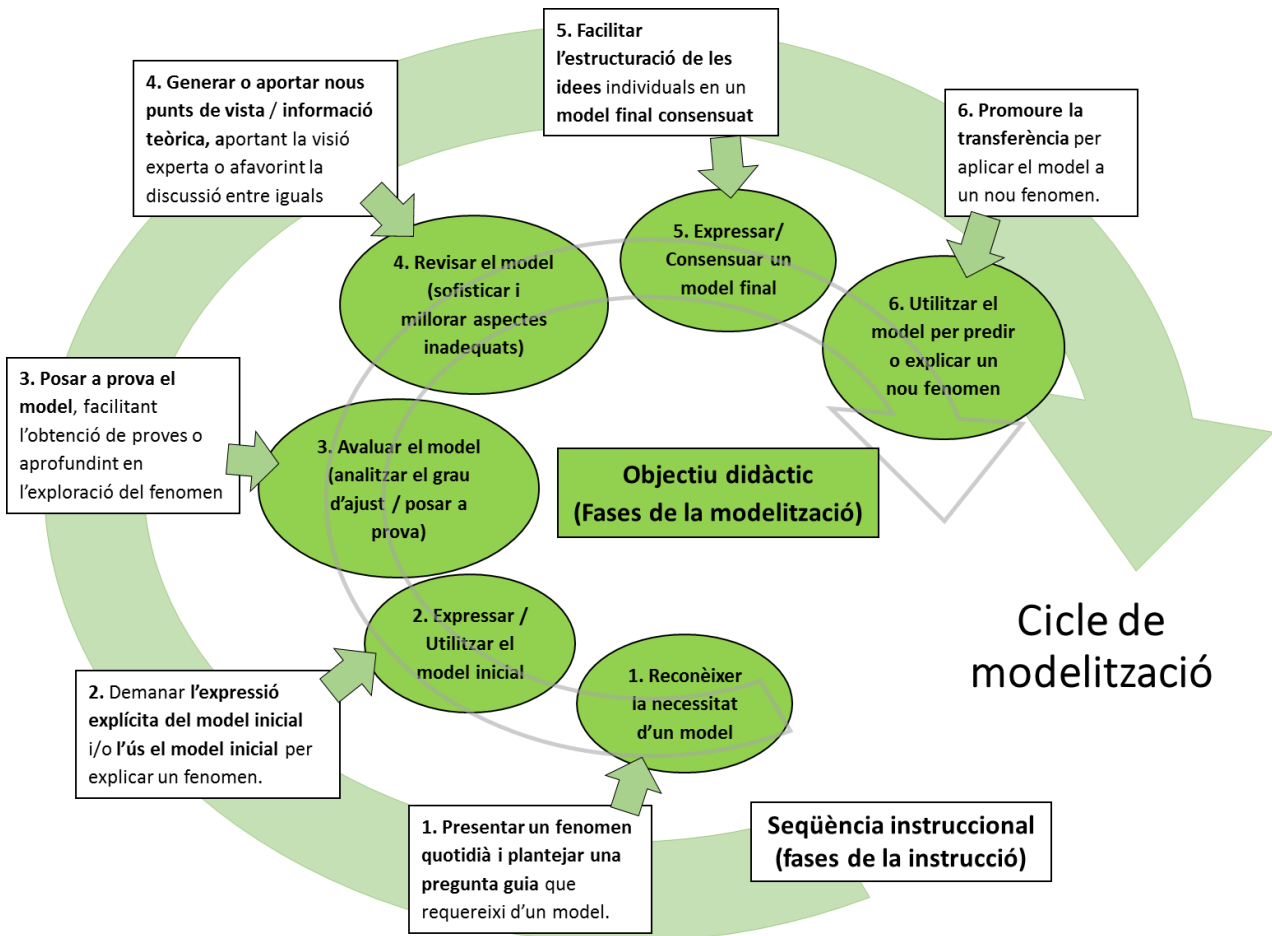
A la Taula 10 presentem la proposta de cicle definitiva, incloent dos exemples per a cada fase del cicle: un pel model matèria/partícula i l'altre pel model flotació.

Objectiu didàctic (modelització que volem promoure en els alumnes)		Seqüència instruccional per a la modelització a l'aula de ciències (instrucció/situació didàctica que dissenyem i/o fem per tal d'assolir l'objectiu)		
		Fases	Exemple Model matèria/partícula	Exemple Model Flotació
Construir el model	1. Sentir la necessitat d'un model	1. <b>Presentar un fenomen quotidià</b> i plantejar una <b>pregunta guia</b> ( <i>driving question</i> ) que requereixi d'una explicació.	Presentar el fenomen de barrejar aigua i sal: <i>quantes cullerades de sal hi caben en un got d'aigua "ple"?</i> <i>Com pot ser?</i>	Plantejar preguntes sobre flotabilitat <i>"Per què suren o no suren les coses? De què depèn?"</i> i també: <i>"Alguna vegada has intentat enfonsar una pilota dins l'aigua? Què passa? Per què creus que passa?"</i> mentre es presenten imatges d'objectes quotidians surant i enfonsant-se.
	2. Expressar /Utilitzar el model inicial (individualment)	2. <b>Demandar l'expressió explícita del model inicial</b> (elaboració de dibuixos, ...) o <b>Utilitzar el model inicial implícit</b> (elaboració d'hipòtesis, primeres explicacions,...)	Plantejar: <i>Com t'imagines que està feta l'aigua i la sal per explicar això? Dibuixa-ho.</i>	Plantejar: <i>Quant costa fer un forat a l'aigua?</i> Es proposa fer l'experiment d'enfonsar cada vegada més un got de plàstic. <i>"En quina situació estàs fent més força?", "com ho explicaries en termes de les forces implicades?"</i>
	3. Avaluar el model (analitzar el grau d'ajust amb la realitat / posar a provar)	3. <b>Posar a prova el model:</b> - Facilitant l'obtenció de proves - Aprofundint en l'exploració del fenomen	Fer l'experiment de barrejar aigua i sal. Explicar els resultats i tornar a dibuixar a nivell micro: <i>"En què el teu dibuix inicial no explica el resultat?", "Com deu estar feta l'aigua i la sal?"</i>	Fer l'experiment d'enfonsar el got amb diferents quantitats d'aigua a dins i explicar els resultats: <i>"Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l'aigua?", "Quin és el valor de l'empenta que fa l'aigua sobre el got?"</i> .
	4. Revisar el model (sofisticar i millorar aspectes concrets inadequats)	4. <b>Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b> - Aportant la visió experta (simulació, expressions sofisticades del model,...) - Afavorint la comparació d'idees equivalents (discussió entre iguals, exemplificació d'idees,...)	Fer posada en comú (tota la classe) compartint els dibuixos i explicacions fetes. Proposar i discutir dibuixos concrets (de l'alumnat o altres preparats) que expliquin aspectes del fenomen.	Proposar una base d'orientació (les preguntes que ens hem de fer quan volem interpretar fenòmens en termes de forces) per analitzar dues situacions d'equilibri (un got mig ple d'aigua i un got totalment ple d'aigua surant). Dibuixar les forces que intervien i a continuació compartir a la pissarra els dibuixos d'alguns grups, analitzant-los, comparant-los i revisant-los.
	5. Consensuar un model final i apropiat-se'l	5. <b>Facilitar l'estructuració de les idees</b> individuals en un <b>model final consensuat</b> i compartir amb l'alumnat el MCE.	Consensuar la millor explicació i dibuix que expliqui el fenomen. Compartir les idees clau del model en un document.	Consensuar la millor explicació i dibuix que expliqui el fenomen. Compartir les idees clau del model en un document.
	6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen	6. <b>Promoure la transferència</b> per aplicar el model a noves situacions o fenòmens	Proposar un nou fenomen: Barrejar aigua i alcohol. Interpretar els resultats i dibuixar: <i>"com explicaries que el volum final és menor que l'inicial? Dibuixa les partícules d'aigua i alcohol."</i>	Proposar un nou fenomen: la flotabilitat d'una llauna de coca-cola light i una de coca-cola normal en un recipient en aigua. Interpretar la flotabilitat de les llaunes en termes de densitat i de forces de manera comparativa.

Taula 10: Cicle de modelització definitiu i exemples de tasques.

S'inclou objectiu didàctic, seqüència instruccional i exemples concrets pel model matèria/partícula i el model flotació.

A continuació, a la Figura 14. es representa la versió definitiva del cicle de modelització en un esquema gràfic circular, on a la zona interna s'especifica l'objectiu didàctic i a la zona externa la seqüència instruccional.



**Figura 14:** Esquema del cicle de modelització definitiu.

Inclou l'objectiu didàctic (en verd, zona interior del cicle) i seqüència instruccional (en blanc, zona exterior del cicle).

És important tenir en compte que cada fase de la seqüència no necessàriament ha de realitzar-se per a cada idea del model o en general per a tot el model, sinó que amb cada disseny això pot variar. De fet, es poden donar diversos **sub-cicles dins del cicle gran**, un per cada idea del model que es vulgui treballar (veure com a exemple les seqüències didàctiques proposades a l'apartat 4.5. de "Productes de l'estudi", i en concret, les Figures 16 i 17). Com a marc de referència, habitualment la primera i la última fase (fases 1 i 6) s'haurien de realitzar per a tot el model en general (per a totes les idees del model), mentre que les entremig (fases 2, 3 i 4) normalment es realitzen per treballar cada idea del model. La fase 5 es pot donar tant per a totes les idees com per a una sola idea del model.

Cal aclarir que el nostre marc d'instrucció és similar o està fonamentat en el ja conegut "**cicle d'aprenentatge**" (Jorba & Sanmartí, 1996) o similars (Abraham, 1998; Bybee et al., 2006), els quals també estan basats en cicles d'aprenentatge anteriors (Karplus & Thier, 1967). Aquest cicle de l'aprenentatge ha estat molt usat en el nostre context i consta de 4 fases: exploració, introducció, estructuració i aplicació del coneixement. En general, aquests marcs ajuden molt als docents de qualsevol nivell a pensar en com ensenyar ciències, a sintetitzar el que sabem sobre



l'aprenentatge a l'aula i sobretot a guiar el disseny d'unitats didàctiques. Ara bé, estem d'acord amb altres autors en que *“tot i que aquests marcs s'han utilitzat i perfeccionat durant dècades, pocs han incorporat les recomanacions més recents sobre les pràctiques científiques (NRC, 2000) o s'han focalitzat en la pràctica de modelització.”*(Schwarz & Gwekwerere, 2007, p. 160)

A més, tal i com indiquen Abell i Lederman, el cycle d'aprenentatge *“basat àmpliament en psicologia de Piaget, [...] se centra en l'aprenentatge individual més que l'aprenentatge en grup i més en la construcció personal que en la construcció social del coneixement. Tot i que s'espera que hi hagi pràctiques discursives en la fase d'exploració o a la segona fase, l'atenció se centra més en la construcció personal de desenvolupament de coneixement a partir de les dades o observacions en els experiments.”*(Abell & Lederman, 2007, p. 385) Des de la nostra perspectiva social i situada de l'aprenentatge, el cycle de modelització proposat incorpora aquesta visió més discursiva i social de construcció del coneixement.

Amb l'intent d'aclarir i facilitar la comprensió de la seqüència instruccional proposada al nostre cycle de modelització, així com per explicar la seva relació amb el cycle de l'aprenentatge usat al nostre context (Jorba & Sanmartí, 1996; Sanmartí, 2002a), a la taula 11. es relacionen les 6 fases del nostre cycle de modelització (presentació de fenomen, expressió/ús inicial, avaluació, revisió, estructuració i transferència) i les 4 fases principals del cycle d'aprenentatge (exploració, introducció o emergència de coneixement, estructuració i aplicació). A continuació discutim i expliquem en detall aquesta relació, indicant quins són els paral·lelismes i les diferències que hi ha entre els dos.

<b>Fases de la Seqüència instruccional per a modelitzar</b> (del cycle de modelització proposat)	<b>Cicle d'aprenentatge</b> (Jorba & Sanmartí, 1996)
<b>1. Presentació del fenomen:</b> Presentar un fenomen quotidià i plantejar una pregunta guia ( <i>driving question</i> ) que requereixi d'una explicació.	<b>Exploració</b>
<b>2. Expressió/ús inicial:</b> Demanar l'expressió explícita del model inicial (elaboració de dibuixos,...) o utilitzar el model inicial implícit (elaboració d'hipòtesis, primeres explicacions,...)	
<b>3. Avaluació:</b> Posar a prova el model: - Facilitant l'obtenció de proves - Aprofundint en l'exploració del fenomen	<b>Introducció / Emergència de coneixement</b>
<b>4. Revisió:</b> Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica: - Aportant la visió experta (simulació, expressions sofisticades del model,...) - Afavorint la comparació d'idees equivalents (discussió entre iguals, exemplificació,...)	
<b>5. Estructuració:</b> Facilitar l'estructuració de les idees individuals en un model final consensuat i compartit per escrit amb l'alumnat.	<b>Estructuració</b>
<b>6. Transferència:</b> Promoure la transferència per aplicar el model a noves situacions o fenòmens	<b>Aplicació</b>

**Taula 11:** Relació entre el cycle de modelització proposat i el cycle d'aprenentatge.

Les primeres dues fases del cycle de modelització (1. Presentació i 2. Expressió/ús inicial) corresponen a la primera fase del cycle d'aprenentatge **“exploració”**. En el nostre cas distingim aquests dos moments dins d'una primera fase d'exploració perquè considerem que hi ha dues parts importants: en la primera no es requereix per part de l'alumnat cap pràctica de modelització específica, sinó que només es pretén que l'alumnat es comenci a familiaritzar amb un tema, a fer-se preguntes sobre un fenomen i a sentir o reconèixer la necessitat d'un model per poder explicar el fenomen. Això es fa plantejant un fenomen proper i una pregunta guia que requereixi d'un

model (la qual guiarà o estarà subjacent a tota la seqüència). A la següent fase es demana l'expressió o ús del model inicial, a poder ser de manera individual, per tal de que cada alumne tingui la oportunitat d'expressar el què pensa. En aquesta fase, el professorat pot demanar l'expressió explícita del model inicial (a partir de l'elaboració de dibuixos, maquetes, analogies, etc.) o l'ús del model inicial implícit (a partir de l'elaboració d'hipòtesis o primeres explicacions) en relació al fenomen un fenomen més concret que tingui relació (i sigui paradigmàtic) amb una de les idees del model (no amb totes com en el cas de la primera fase), i en el qual es profunditzarà a la següent fase.

A continuació, les dues fases següents (3. avaluació i 4. revisió) formen part de la fase "**introducció**" (o emergència de coneixement) del cicle d'aprenentatge. En aquesta fase, especialment en un context de modelització, té més sentit parlar d'emergència de coneixement, perquè més que introduir continguts (la qual cosa denota una tendència transmissiva de l'ensenyament) es fan emergir noves idees (de vegades suggerides per algú o per algun fenomen nou, de vegades posicionant-nos des d'una nova manera de mirar, etc.) D'una banda, doncs, el terme "introducció" pot crear confusió (ja que aquesta fase no consisteix simplement en introduir el contingut) i d'altra banda aquesta fase té una complexitat i riquesa que el cicle de l'aprenentatge no recull o especifica del tot. Justament perquè creiem que una fase així és complexa i difícil d'imaginar a la pràctica si la plantejem en termes generals (sense especificar *com* es poden fer emergir aquests coneixements), veiem especialment útil especificar i aclarir en què consisteix aquesta fase. Per a nosaltres aquesta fase es divideix en dues fases molt importants, en les que fem participar als alumnes d'un procés d'avaluació i de revisió del seu model. Primer es pretén que l'alumnat avaluï el model que havia expressat o utilitzat a la fase anterior, involucrant a l'alumnat en la realització d'experiments paradigmàtics que facilitin la obtenció de proves o bé en l'aprofundiment en l'exploració del fenomen, així com promovent un tipus de preguntes que ajudin a posar a prova el model inicial. A continuació, es pretén que l'alumnat revisi el model, i això es pot aportant alguna nova idea més experta o científica (a través d'una simulació, compartint expressions més sofisticades del model, etc.) o bé afavorint la comparació d'idees equivalents (promovent la discussió entre iguals, exemplificant idees d'altres alumnes, etc.)

La següent fase del cicle de modelització (5. estructuració) equivaldria a la fase d'"**estructuració**" del cicle d'aprenentatge. En el nostre cas, especifiquem com hauria de ser des de l'enfoc de la modelització. En aquesta fase, que és sempre posterior a la fase 3 i 4, es pretén que l'alumnat expressi el seu model final (individualment) i el consensuï (en grup). Això es pot promoure facilitant les idees individuals en un model final consensuat amb tot el grup classe, fent convergir les idees i arribant a un consens respecte la millor versió del model. Així mateix, cal que les idees d'aquest model final (que hauria de correspondre amb el MCE) quedin especificades i redactades en un document compartit, per tal que l'alumnat pugui acabar d'aclarir possibles dubtes que es donen al llarg del procés i també que pugui tornar a la versió consensuada del model sempre que vulgui. Això es pot fer per a cada idea del model o per tot el model.

Per últim, la última fase (6. Transferència) equival a la fase d'"**aplicació**" en el cicle d'aprenentatge. Des de la perspectiva de la modelització, es pretén que l'alumnat sigui capaç d'utilitzar el model



consensuat per predir o explicar un nou fenomen. Per a això, el professorat ha de promoure la transferència a una nova situació o fenomen on es demani l'aplicació del model. És necessari que els fenòmens escollits siguin també paradigmàtics del model i que tinguin coherència amb les idees del model treballades en les fases anteriors, i per tant que tinguin un nivell de complexitat equivalent als altres fenòmens utilitzats durant la seqüència.

A la Figura 15. relacionem gràficament el cicle de modelització i les fases del cicle de l'aprenentatge.

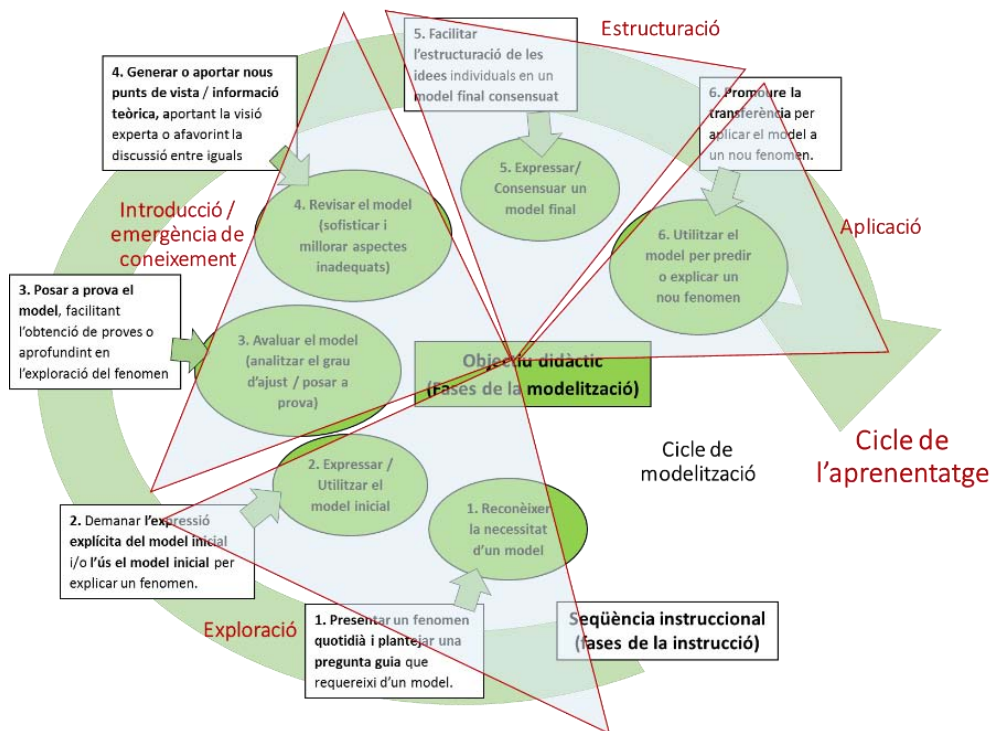


Figura 15: Esquema de la relació entre el cicle de modelització proposat i el cicle d'aprenentatge.

#### 4.4.2. Definició dels MCE de canvi químic i flotació

Al llarg del procés de transformació de l'assignatura hem anat construint també unes versions finals dels **Models Científics Escolars (MCE)** de canvi químic i de flotació. Aquests models estan formats per unes regles del joc o **idees clau** principals que són afirmacions del coneixement que ha de tenir i ha de saber aplicar l'alumne per explicar el món. Cal recordar, tal i com hem argumentat al marc teòric general de la tesi, que les idees d'aquests models científics escolars no són les mateixes que les dels models científics acceptats per la comunitat científica, sinó una versió adaptada al nivell escolar en que ens trobem, i per tant, tot i ser equivalents, no són iguals.

Aquestes idees es treballen a l'aula de manera progressiva al llarg de la seqüència didàctica, tal i com es mostra més endavant a les seqüències didàctiques de cada model (a l'apartat 4.5. de "Productes de l'estudi"). Ara bé, al final de la seqüència, l'objectiu didàctic no és que l'alumnat sigui capaç de recitar aquestes idees de manera teòrica, sinó d'utilitzar-les de manera integrada i coherent per explicar fenòmens de canvi químic i de flotabilitat de manera fonamentada. Aquesta

explicació o versió del model que volem que utilitzin els alumnes per explicar fenòmens a un nivell de l'escolaritat és el que anomenem **model científic escolar apropiat**<sup>9</sup> (en anglès, *target model*).

Per determinar quines són les idees que formen MCE, així com definir clarament el MCE apropiat, ens vam basar en els models científics escolars definits inicialment a l'assignatura, els quals s'han anat modificant al llarg de l'estudi en un procés de reflexió profunda amb l'equip docent de l'assignatura. La modificació s'ha realitzat a partir de la literatura de l'àmbit i de l'experiència obtinguda en l'anàlisi i transformació de l'assignatura. En el cas del model de canvi químic, hem tingut en compte estudis sobre l'activitat química a l'aula on s'especifiquen les lleis o principis que han de guiar la seqüenciació d'uns materials pensats per treballar el canvi químic (Izquierdo, Sanmartí, et al., 2007; Izquierdo-Aymerich, 2013). En el cas del model de flotació, hem tingut en compte propostes didàctiques innovadores en les quals es replanteja aquest contingut (Couso, 2014, 2015; Ogborn, 2012; Radovanović & Sliško, 2013).

S'han escollit els models de canvi químic i flotació per dos motius. D'una banda perquè formen part de les sessions que més es van discutir, reflexionar i modificar a l'assignatura, degut al context concret en el qual ens trobàvem. D'altra banda perquè el treball d'aquests dos models es fa molt a primària però està poc present a la literatura, perquè existeixen poques propostes didàctiques per a treballar-los o perquè en aquestes propostes no es planteja treballar-los des de l'enfoc que li donem nosaltres. El nostre enfoc l'expliquem en cadascun dels apartats per cada model.

#### 4.4.2.1. MCE de canvi químic

El model de canvi químic es proposa com a una sofisticació del model matèria/partícula, on la idea de partícula construïda deixa de ser útil per a comprendre i explicar els canvis forts de la matèria (és a dir, els canvis químics) i per tant, cal sofisticar el model. Aquest pas del model matèria/partícula al model de canvi químic no és un camí establert o consensuat en l'àmbit de l'ensenyament de la química. Amb aquesta proposta creiem que podem aportar algunes idees sobre com pot ser aquest primer pas cap a la idea de canvi químic, de manera que prengui sentit i sigui coherent per l'alumnat que ja hagi treballat i construït el model matèria/partícula.

Des de la nostra perspectiva, el model de canvi químic es construeix a partir de la interacció, experimentació i voluntat d'explicar i controlar els canvis en els materials (Izquierdo, Caamaño, et al., 2007; Izquierdo, 2014; Izquierdo-Aymerich, 2013; Merino & Izquierdo, 2011). Aquesta voluntat d'explicació creiem que ha de començar amb la observació dels canvis a **nivell macro** (Smith et al., 2006), és a dir, fent ús i construint un model de tipus descriptiu en termes de propietats (en el sentit expressat al marc teòric general de la tesi). Aquest model macro pretén classificar els tipus de canvis de manera qualitativa (segons les propietats observables), tenint en compte que la química involucra sovint conceptes qualitius i classificatoris (igual que la biologia i a diferència de la física), com per exemple, les qualitats com el color, gust i olor, les quals han estat tradicionalment una preocupació important de la química (S. Erduran & Duschl, 2004)

A continuació, l'interès s'enfoca en intentar explicar els mateixos fenòmens a un **nivell micro** (model interpretatiu), imaginant com està formada la matèria i com succeeixen aquests canvis

---

<sup>9</sup> Entenem com a "apropiat" no amb el sentit de "correcte", sinó com l'adequat o convenient per a un grup, edat o nivell determinat, i seria equivalent al terme anglosaxó "*target model*".

“per dins”. D’aquesta manera es promou que l’alumnat adquireixi un tipus de “pensament químic” (Izquierdo-Aymerich, 2013; Merino & Izquierdo, 2011) que li permet explicar els fenòmens de manera satisfactòria i útil, en contraposició a un ensenyament tradicional de la química a través d’unes teories (fórmules, equacions, etc.) poc comprensibles per l’alumnat i allunyades o totalment desconnectades de la realitat.

Per tal d’anar construint el MCE de canvi químic, proposem unes idees clau que s’han utilitzat per dissenyar la seqüència d’ensenyament-aprenentatge proposada a continuació. Aquestes idees estan ordenades (de l’1 al 5) amb l’objectiu de ser introduïdes en aquest ordre al llarg de la seqüència:

Idees clau del MCE canvi químic <sup>10</sup>
<p><b>Idea 1. Modificació de la substància.</b> En els canvis físics o febles les substàncies són les mateixes a l'inici que al final, tot i que les podem observar com a diferents. No varia la naturalesa de la substància, com els canvis d'estat, de posició, els trencament, les dilatacions o les dissolucions. En els canvis químics o forts les substàncies inicials (reactius) són diferents a les que s'obtenen al final (productes). Es modifica la naturalesa de la substància i es pot saber perquè les propietats intensives de la substància (color, olor, gust, punt d'ebullició...) canvien.</p>
<p><b>Idea 2. Re-configuració interna.</b> En els canvis físics les partícules no es modifiquen, només la seva disposició. Però quan les substàncies interaccionen per formar noves substàncies, com en els canvis químics, hi ha canvis en la configuració interna, per recombinació d'àtoms. Els elements o àtoms que trobem als reactius són els mateixos que als productes però combinats de manera diferent.</p>
<p><b>Idea 3. Conservació de la massa.</b> En els canvis químics (igual que en els físics) la massa es conserva. De vegades podem observar un canvi de massa, però això ens indica que no estem mesurant la massa d'algun reactiu o producte (un gas que s'escapa, per exemple).</p>
<p><b>Idea 4. Tipus de canvis químics.</b> Hi ha diferents tipus de canvis químics, que es poden identificar per les diferents propietats i components d'abans i de després (ex. en la combustió s'emeten gasos i per tant la massa observada en la balança disminueix, mentre que en la oxidació no s'emeten gasos i la massa observada a la balança augmenta)</p>
<p><b>Idea 5. Condicions per la interacció.</b> Algunes substàncies poden co-existir sense interaccionar, però en certes condicions (com amb una aportació energètica), poden interaccionar.</p>

Taula 12. Idees clau MCE de canvi químic.

El nostre **MCE apropiat** (*target model*) de canvi químic integra les idees mencionades en una explicació única que permet descriure i interpretar els diferents tipus de canvis. Aquest model està dividit en dos sub-models: **sub-model macroscòpic** (model descriptiu o en termes de les propietats dels canvis que podem observar) i **sub-model microscòpic** (model interpretatiu o en termes de l'estructura de la matèria que ens imaginem per poder explicar aquests canvis).

Com s'expliquen els canvis físics i químics a nivell MACRO (Model Descriptiu)	Com s'expliquen els canvis físics i químics a nivell MICRO (Model Interpretatiu)
<p>La diferència entre canvis físics i químics s'explica per la <b>conservació o no de la substància</b>, i hi ha certes <b>propietats</b> que ens poden donar indicis del tipus de canvi (color, olor, gust, estat d'agregació, efervescència...).</p> <p>En els <b>canvis físics</b> és la mateixa substància abans i després perquè hi ha moltes propietats intensives que es conserven (com en els canvis d'estat, de posició, el trencament, la dilatació o la dissolució). En els <b>canvis químics</b> es forma una nova substància perquè moltes propietats intensives no es conserven (com en la oxidació, combustió, o efervescència).</p>	<p>La diferència entre canvis físics i químics s'explica per la <b>conservació o no de la naturalesa de les partícules</b>.</p> <p>Els <b>canvis físics</b> s'expliquen com a conservació de la naturalesa de les partícules, però amb una possible modificació de la seva disposició (posició, velocitat, distància relativa...)</p> <p>Els <b>canvis químics</b> s'expliquen com a recombinació dels àtoms o elements (canvis en la configuració interna de les partícules), on la massa es conserva (no es crea ni es destrueix res). Els àtoms d'abans i de després són els mateixos però estan combinats de diferent manera.</p>

Taula 13. MCE apropiat de canvi químic.

<sup>10</sup> El model de canvi químic és més ampli que aquestes idees (per exemple, el model també hauria d'incloure les lleis ponderals o de proporcionalitat), però les idees clau que conformen el nostre model científic escolar han estat seleccionades com les convenientes per a aquest curs després d'haver construït el model matèria i en el temps disponible en l'assignatura.

#### 4.4.2.2. MCE de flotació

La flotació és un tema que s'inclou molt a les classes de primària però que habitualment es treballa de manera superficial i descriptiva (Couso, 2015), proposant a l'alumnat que experimenti amb objectes de diferents materials per acabar explicant la flotació en termes de densitat ("un objecte sura si és menys dens que el líquid") i en els millors dels casos aprenent el principi d'Arquímedes com una afirmació que rarament s'entén de veritat ("l'empenta equival al pes de l'aigua desplaçada") (Ogborn, 2012). D'igual manera que amb el canvi químic, prendre sobre el tema de la flotabilitat modelitzant un model clau implica una transposició didàctica en la que es replantegen els continguts. En aquest replantejament de continguts, el nostre objectiu és construir un model de flotació interpretatiu a partir del model d'interacció newtoniana o forces, començant preguntant-nos "quant costa fer un forat a l'aigua?" i anant construint les idees del model en termes de forces de manera progressiva. El model en termes de densitat (model descriptiu), que l'alumnat utilitza naturalment de manera espontània, pren sentit al final de la seqüència, quan s'introdueix la idea de densitat explícitament i es relaciona amb les idees en termes de forces.

Des del nostre punt de vista, creiem que incloure l'explicació en termes de forces és important per tal d'arribar a construir una explicació de caire interpretatiu, ja que si només ho expliquem en termes de densitat ens limitem a quedar-nos amb una explicació de tipus més descriptiva i un model merament operatiu. De totes maners, no estem dient que l'explicació de la flotabilitat d'un objecte en termes de densitat no sigui adequada o desitjable, és més, creiem que aquest fenomen pot ser un bon context on aplicar el model matèria. Per tant, defensem la importància de construir el model de flotació des de les dues perspectives.

Les idees clau que formen el MCE de flotació i que hem anat introduint poc a poc al llarg de la seqüència d'ensenyament-aprenentatge, són:

Idees clau del MCE de flotació
<p><b>Idea 1. Dues forces.</b> Hi ha dues forces que afecten a un cos quan l'intentem submergir en un fluid, el pes (que depèn de la massa de l'objecte i empeny l'objecte contra el líquid) i l'empenta (és la reacció del fluid quan l'objecte l'empeny o "fa un forat", i és major com més gran sigui el forat, o volum submergit).</p>
<p><b>Idea 2. El valor de l'empenta.</b> El valor de l'empenta sobre un objecte o parcialment submergit equival al pes en aigua del volum submergit (o el pes de l'aigua que desplaça). Com a màxim, un fluid pot empenyer un objecte amb una força equivalent al pes del volum de tot l'objecte fet d'aigua (l'aigua només pot aguantar aigua).</p>
<p><b>Idea 3. Equilibri estàtic i situació dinàmica.</b> En una situació estàtica (quan un cos està quiet perquè sura o està enfonsat), aquestes dues forces estan en equilibri (les dues són d'igual magnitud però de direcció oposada). En una situació dinàmica, no hi ha equilibri de forces: si el pes és major que l'empenta màxima possible, el cos es va enfonsant mentre que si el pes és menor que l'empenta màxima possible, el cos comença a surar fins que les forces s'igualen.</p>
<p><b>Idea 4. Densitat relativa.</b> Si l'objecte té més densitat que el líquid, s'enfonsa (l'objecte s'enfonsarà més ràpid com més gran sigui la densitat de l'objecte respecte la del líquid), mentre que si l'objecte té menys densitat que el líquid, sura (hi haurà més volum de l'objecte fora de l'aigua com més gran sigui la densitat del líquid respecte la de l'objecte). Això és perquè si la densitat de l'objecte és major que si aquest estigués fet d'aigua, el pes és major que el pes de l'aigua pel mateix volum submergit. Si la densitat de l'objecte és menor que si aquest estigués fet d'aigua, el pes és menor que el pes de l'aigua pel mateix volum submergit.</p>

Taula 14. Idees clau del MCE de flotació.

El nostre **MCE apropiat** (o target) de flotació, el qual integra les idees mencionades anteriorment en una explicació única que permet descriure i interpretar els tipus de canvis, inclou dos nivells: en termes de densitat (model descriptiu) i en termes de forces (model explicatiu/interpretatiu).

Com s'explica la flotabilitat amb un model descriptiu en termes de DENSITAT	Com s'explica la flotabilitat amb un model interpretatiu en termes de FORCES
<p>La flotabilitat depèn de la <b>densitat relativa</b> del fluid i l'objecte. La densitat real d'un objecte és la combinació de les densitats dels materials que el formen.</p> <p>Si l'objecte té menys densitat que el líquid, sura. Si té més densitat que el líquid, s'enfonsa. Si té la mateixa densitat que el líquid, es queda surant dins el fluid.</p>	<p>La flotabilitat és una <b>situació d'equilibri</b> a la qual s'hi arriba depenent de la relació entre pes i empenya. El <b>pes</b> és fix (depèn de la massa). <b>L'empenta</b> és variable (depèn del volum submergit i és equivalent al pes de l'aigua desplaçada) i va augmentant a mida que l'objecte s'enfonsa fins a un màxim que pot o no equilibrar el pes.</p> <p>Mentre s'enfonsa un objecte, el pes és major a l'empenta, però quan ja està enfonsat, les forces implicades es contraresten.</p> <p>Mentre puja un objecte, l'empenta és major al pes, però a mesura que l'objecte surt de l'aigua, l'empenta disminueix i s'acaba igualant al pes.</p>

Taula 15. MCE apropiat de flotació.

## 4.5. Productes de l'estudi

Com a producte del procés de transformació de l'assignatura hem obtingut uns productes: **dues seqüències didàctiques** que segueixen el cicle de modelització i busquen treballar les idees dels MCE en progressió. Les seqüències didàctiques d'ensenyament-aprenentatge dissenyades i presentades a continuació són aquelles que es van utilitzar a l'assignatura durant el curs 2015-16 amb l'objectiu que l'alumnat construís els MCE apropiats de canvi químic i de flotació. Per

aconseguir-ho, les diferents **idees clau** dels MCE es van introduir o treballant progressivament al llarg de la seqüència.

Respecte la metodologia d'aula, el model es va construir paulatinament on *“l'activitat pràctica serveix per provocar el pensament”* (Ogborn, 2012, p. 8). Creiem que la millor manera de fer això és promovent, en un context de laboratori, la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització, és a dir, en l'ús, expressió, avaluació i revisió del model. Per això, aquestes seqüències didàctiques han estat dissenyades seguint el **cicle de modelització** prèviament presentat. Cada seqüència inclou un cicle i diversos sub-cicles, habitualment relacionats amb cadascuna de les idees del model que es van treballant (veure Taula 16 i 17).

A més de seguir aquest cicle de modelització, el disseny de les seqüències ha tingut en compte altres criteris didàctics, en relació als principis de disseny proposats a l'apartat 4.3.4. de “Resultats i discussió”. En primer lloc, s'han escollit **exemples o fenòmens paradigmàtics** per treballar les idees clau que volem treballar (fenòmens molt escollits per tal que ajudin a construir el model) i experiments senzills i propers a l'alumnat (no experiments complicats i llunyans de la realitat quotidiana) (Izquierdo-Aymerich, 2013). En segon lloc, s'han promogut **preguntes genuïnes**, és a dir, preguntes interessants que requereixen d'una acció i d'una mobilització d'idees teòriques per ser respostes (Roca, Márquez, & Sanmartí, 2013; Roca, 2008). A més a més, a l'hora de portar-ho a l'aula, s'ha intentat deixar suficient **temps** perquè l'alumnat vagi discutint les seves idees, promovent el diàleg crític (ser crític amb les idees proposades) i el pensament lent (analitzar, comparar, buscar consistència lògica, considerar alternatives i fonamentar en proves) (Ogborn, 2012).

Cal tenir en compte que aquestes seqüències formen part d'unes seqüències més llargues on abans s'han treballat idees fonamentals per poder construir els models desitjats. En el cas de la primera seqüència (model de canvi químic), està pensada per realitzar-se després de que els alumnes hagin construït el model matèria/partícula (tant a nivell macro com micro) a través de la familiarització amb fenòmens i transformacions de tipus físic. En el cas de la implementació feta a l'assignatura, la seqüència es va implementar a la sessió 6 “Seminari Canvi químic”, posterior a altres sessions (la sessió 4 “Magistral matèria” i la sessió 5 “Fira de partícules”) on ja s'havien treballat les idees del model matèria/partícula. En el cas de la segona seqüència didàctica (model de flotació), aquesta està pensada per realitzar-se després d'haver treballat el model matèria/partícula (on s'hagi anat construint la idea de densitat a nivell macro) i del model d'interaccions mecàniques (on s'hagin construït algunes idees de forces). En el cas de la implementació feta a l'assignatura, la seqüència es va implementar a la sessió 9 “Seminari Flotabilitat”, posterior a les sessions del model matèria/partícula (sessions 4 i 5) i a la sessió 8 “Magistral sistemes físics”, on s'havien treballat idees del model de forces.

#### 4.5.1. Seqüència didàctica del model de canvi químic

Per tal de poder començar a construir el **model de canvi químic**, l'alumnat haurà d'haver construït abans el model matèria/partícula (a nivell macro i micro). En la construcció del model matèria/partícula, nosaltres proposem que es demani a l'alumnat identificar quines propietats tenen els diferents materials, quines canvien amb la quantitat de material, quines són pròpies de


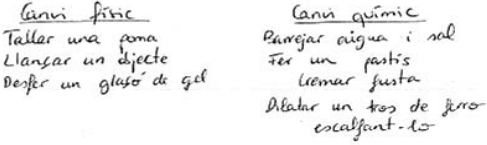

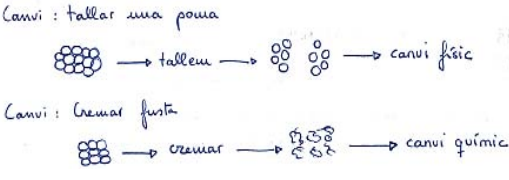




cada material i com es modifiquen aquestes propietats quan els materials interaccionen, per exemple quan es barregen (dissolucions, barreges) o quan canvien d'estat. Conceptes importants que l'alumnat hauria d'anar construint a nivell macro són els de massa, volum, densitat i temperatura. A nivell micro, caldrà construir el concepte de partícula i la idea de buit entre partícules, la relació/interacció que es pot donar entre partícules i les modificacions d'aquesta relació quan els materials interaccionen de manera feble (barreges o canvis d'estat).


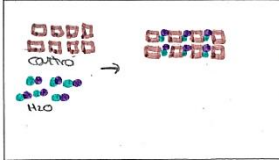
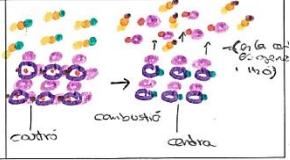
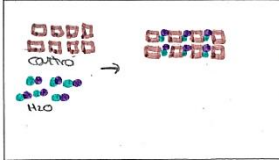
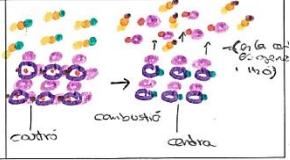
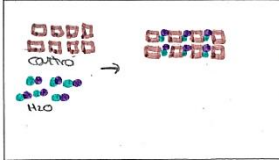
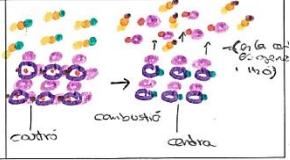
És llavors quan creiem que el model de canvi químic es pot començar a construir (i on comença la seqüència didàctica proposada), iniciant una discussió entorn a com classificar diversos canvis quotidians (dilatari un metall, bullir aigua, cremar cartró, etc.), a partir d'indicis a nivell macroscòpic (què canvia?, com canvia?, és el mateix tipus de canvi? etc.) i a continuació pensar com deu canviar a nivell microscòpic (com es deuen modificar les partícules i/o la relació entre elles?). La idea de canvi químic es comença a definir com aquell tipus de canvi on es modifica molt fortament una substància, a diferència dels canvis que s'havien observat fins llavors (més febles). La seqüència didàctica continua amb una sèrie d'activitats on es demana a l'alumnat observar, descriure i interpretar diferents canvis (primer una efervescència, i després una combustió i una oxidació) i anar pensant en cada cas si es tracta d'un canvi fort en el material (químic) o més de tipus feble (físic) i per què, així com preguntes sobre el tipus de transformació que imaginem que pateixen les partícules a nivell micro. La reflexió important consisteix en adonar-se que per explicar un canvi químic a nivell micro, la idea de partícula ja no serveix i hem de començar a pensar de què (o quines peces) està feta la partícula (obrir la caixa negra de la partícula) per poder explicar que una substància es transforma completament. Les fórmules (de vegades simplificades) de les reaccions químiques s'introdueixen en certs moments per ajudar a interpretar els fenòmens a nivell micro, i es proposa a l'alumnat treballar amb peces de plàstic per adonar-se que allò que abans anomenàvem partícula pot estar feta de peces diferents (els àtoms), els quals es mantenen abans i després de la reacció, però que les estructures que formen aquestes peces (partícules/molècules) es modifiquen. Una altra idea treballada és la conservació de la massa, a partir de mesurar la massa dels components de les reaccions abans i després i interpretant on pot haver anat "la massa que falta" (o que no mesurem a la balança). Experimentar amb diferents tipus de reaccions químiques i reflexionar sobre les propietats diferents d'abans i de després permet que l'alumnat vagi discutint entorn aquestes idees del model de canvi químic. Al final de la seqüència (en una tasca individual) es demana a l'alumnat que esculli un canvi feble (o físic) i un canvi fort (o químic) i torni a dibuixar i explicar com s'imagina els canvis a nivell micro. Per últim, en l'examen es presenten dos fenòmens (cremar cartró i mullar cartró) i diversos exemples de dibuixos de les partícules parcialment correctes, i es demana a l'alumnat explicar quin tipus de canvi són, identificar els errors en els dibuixos i millorar-los.

A la taula 16 es mostra un esquema de la seqüència didàctica pel model de canvi químic, on s'inclou el seguit de tasques dissenyades, amb imatges representatives dels materials o de la discussió. A les següents columnes (a la dreta) s'indica la fase de la seqüència instruccional i l'objectiu didàctic del cicle de modelització a la qual correspon cada tasca, i la idea del MCE de canvi químic que es pretén treballar amb cada tasca. L'esquema de la seqüència didàctica de manera més detallada es troba inclosa a l'Annex 3. A continuació de la taula 16 mostrem

esquemàticament el cicle de modelització que segueix aquesta seqüència, amb els diversos sub-cicles que el formen (Figura 16.). Els materials didàctics complets (presentacions *Power Point*, dossiers dels seminaris, i documents de les tasques i examen) es troben als Annexos 4, 5 i 6.

Seqüència didàctica de modelització per a la construcció del model de canvi químic			
Activitat realitzada	Fase de la seqüència	Objectiu didàctic	Idea model
<p><b>Tasca Canvi 1</b>  <b>Introducció:</b> En gran grup es pregunta “<i>què vol dir canvi?</i>” i es presenten imatges quotidianes de diferents canvis. Es comenta que no tots els canvis són del mateix tipus i que l'ésser humà els ha volgut classificar. Es connecta amb la tasca per fer a casa preguntant: “<i>Com classificaríem aquests canvis?</i>”</p> 	1. Presentar un fenomen quotidià i una pregunta guia que requereixi d'una explicació.	1. Sentir la necessitat d'un model	Idea 1
<p><b>Tasca Canvi 2</b>                      Es demana classificar diversos canvis (ex. barrejar aigua i sal, cremar fusta, tallar una poma, etc.) en grups diferents i justificar la classificació. L'alumnat respon individualment per escrit.</p> 	2. Demanar l'ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions)	2. Expressar /Utilitzar el model inicial	
<p><b>Tasca Canvi 3</b>  <b>Discutir la tasca prèvia:</b> En petit grup, es demana compartir la tasca prèvia, discutint/relacionant els fenòmens amb la interpretació feta respecte a la classificació i les explicacions dels canvis.</p> 	3. Posar a prova el model de forma empírica	3. Avaluar el model	
<p><b>Tasca Canvi 4</b>  <b>Posada en comú:</b> Després, una persona de cada grup petit comparteix amb el gran grup la classificació a la qual han arribat i s'explica el perquè.</p>	4. Generar i/o aportar nous punts de vista / info teòrica	4. Revisar el model	
<p><b>Tasca Canvi 5</b>  <b>Després de la posada en comú, consensuar:</b> Es discuteixen les idees de cada grup i s'arriba a un consens de la primera idea del model. Es comparteix aquesta idea a través d'un document compartit.</p>	5. Facilitar l'estructuració de les idees en un model final consensuat	5. Expressar/ Consensuar un model final	
<p><b>Tasca Canvi 6</b>                      En grup petit, es demana discutir i dibuixar un canvi físic i un químic a nivell micro: “<i>Escull un canvi fort (químic) i un canvi feble (físic). Com els imagines “per dins”? Què canvia en cada cas a nivell de partícules? Per què ho has dibuixat així?</i>” Exemple de producció d'una alumna:</p> 	2. Demanar l'expressió explícita del model inicial (elaboració de dibuixos, ...)	2. Expressar /Utilitzar el model inicial	Idea 2
<p><b>Tasca Canvi 7</b>  <b>Act. 1 (part 1).</b> En grup petit, es planteja l'ús del model per explicar un fenomen concret: L'efervescència d'una pastilla en aigua. “<i>Com creus que variarà la massa en l'ampolla oberta i en la tancada? Creus que es tracta d'un canvi físic o químic? Per què?</i>” (per començar a pensar en la idea de conservació de la massa en el canvi químic). L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p> 	2. Demanar l'ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions)	2. Expressar /Utilitzar el model inicial	Idea 3
<p><b>Tasca Canvi 8</b>  <b>Act. 1. (part 2)</b>  <b>Pesa més, menys o igual?</b>                      En grup petit es proposa fer l'experiment de posar dues pastilles efervescents en dues ampolles d'aigua, una deixar-la destapada i l'altra tapada. Es demana observar com varia la massa i explicar els resultats: “<i>Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un</i></p> 	3. Posar a prova el model de forma empírica:	3. Avaluar el model)	Idea 3 + 2

<p><i>cas i en un altre? On ha anat la massa que falta? Què podries fer per comprovar-ho?”.</i>  <b>Ho podem veure?</b> Es proposa realitzar el mateix experiment però posant un globus al cap de l’ampolla i explicar els resultats: “<i>Què creus que hi ha dins del globus? On creus que havia anat la massa que faltava en l’ampolla oberta? On estava aquest gas abans de fer la reacció? De què creus que està fet el comprimit?”</i>”</p>				
<p><b>Tasca Canvi 9</b>  <b>Act. 2: Què hi havia abans i després?</b> Es dona la fórmula de la reacció química de la pastilla efervescent en aigua. En grup petit, es demana: “<i>Després de veure la reacció, podries dir què era exactament (quin compost era) la massa que faltava en l’ampolla oberta? Identifica quins són els elements (ex. Oxigen=O, Sodi=Na...) que hi ha abans i després</i>”. A continuació es demana que representin la reacció amb peces de plàstic (tipus Lego) i que dibuixin les estructures creades. Finalment, es demana: “<i>Què ha canviat? Què es manté abans i després? S’ha creat algun element nou?</i>”.</p>		<p><b>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b></p>	<p><b>4. Revisar el model</b></p>	<p><b>Idea 3 + 2</b></p>
<p><b>Tasca Canvi 10</b>  <b>Després de l’Act. 1 i 2:</b> En gran grup es consensuen les explicacions i idees clau. Es comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.</p>		<p><b>5. Facilitar l’estructuració de les idees en un model final consensuat</b></p>	<p><b>5. Expressar/ Consensuar un model final</b></p>	
<p><b>Tasca Canvi 11</b>  <b>Tasca individual (per fer a casa):</b> Es proposa escollir uns nous fenòmens concrets, un de canvi físic i un de canvi químic, dibuixar les partícules a nivell micro i justificar-ho. Exemple de producció d’un alumne:</p>	<p><i>Canvi químic - Oxidació d'un metall</i></p>	<p><b>6. Promoure la transferència per aplicar el model a noves situacions</b></p>	<p><b>6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen</b></p>	<p><b>Idees 1, 2, 3</b></p>
<p><b>Tasca Canvi 12</b>  <b>Abans de l’Act. 3:</b> En petit grup, es planteja l’ús del model per explicar dos nous fenòmens on es produeix un canvi: “<i>Què creus que passarà amb la seva massa en cada cas? Per què?</i>” (per començar a pensar que hi ha diferents tipus de canvis químics). L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>	<p>Abans de l’activitat...</p> <p><input type="checkbox"/> Què creus que passarà amb la seva massa en cada cas?</p>	<p><b>2. Demanar l’ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions)</b></p>	<p><b>2. Expressar /Utilitzar el model inicial</b></p>	
<p><b>Tasca Canvi 13</b>  <b>Act. 3. Passa el mateix amb el cartró i amb el ferro?</b> En petit grup, es proposa fer l’experiment de “cremar” un tros de cartró i un tros de llana de ferro, prendre nota dels canvis i explicar els resultats: “<i>Creus que els dos són canvis químics? Per què? Tenint en compte què ha canviat, creus que les dues són el mateix tipus reacció? Explica per què</i>”. L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<p><b>3. Posar a prova el model de forma empírica:</b></p>	<p><b>3. Avaluar el model</b></p>	<p><b>Idea 4</b></p>
<p><b>Tasca Canvi 14</b>  <b>Act. 3. (segona part)</b> Es dona la fórmula de la combustió del cartró i la oxidació del ferro, i es demana: “<i>Tenint en compte les reaccions, explica: com pot ser que la variació de la massa en el cas del ferro i en el cas del cartró sigui diferent?</i>”</p>		<p><b>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b></p>	<p><b>4. Revisar el model</b></p>	

<p><b>Tasca Canvi 15</b>  <b>Act. 3. (segona part)</b> Dins de la mateixa activitat, es demana a l'alumnat reflexionar entorn la pregunta: <i>"El ferro i el cartró ja estaven en contacte amb l'oxigen abans de que es produís la reacció. Com és que no reaccionaven? Què els hi ha calgut per interaccionar?"</i>. L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>	<p><b>2. Demanar l'ús del model inicial implícit</b> (hipòtesis, primeres explicacions)</p>	<p><b>2. Expressar /Utilitzar el model inicial</b></p>	<p><b>Idea 5</b></p>					
<p><b>Tasca Canvi 16</b>  <b>Després de l'Act. 3:</b> En gran grup es consensuen les explicacions i es comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.</p>		<p><b>5. Facilitar l'estructuració de les idees en un model final consensuat</b></p>	<p><b>5. Expressar/ Consensuar un model final</b></p>					
<p><b>Tasca Canvi 17</b>  <b>Examen:</b> Es proposen uns nous fenòmens (mullar cartró i cremar cartró) i uns possibles dibuixos a nivell micro. Es demana identificar l'error de cada dibuix i fer un dibuix millorat de cada tipus de canvi. Exemple de producció d'un alumne.</p>	<table border="1" data-bbox="472 683 1042 864"> <thead> <tr> <th data-bbox="472 683 751 705">DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ</th> <th data-bbox="751 683 1042 705">DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="472 705 751 864">  </td> <td data-bbox="751 705 1042 864">  </td> </tr> </tbody> </table>	DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ			<p><b>6. Promoure la transferència per aplicar el model a noves situacions</b></p>	<p><b>6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen</b></p>	<p><b>Idees 1, 2, 3, 4, 5</b></p>
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ							
								

Taula 16: Esquema de la seqüència didàctica pel model de canvi químic.



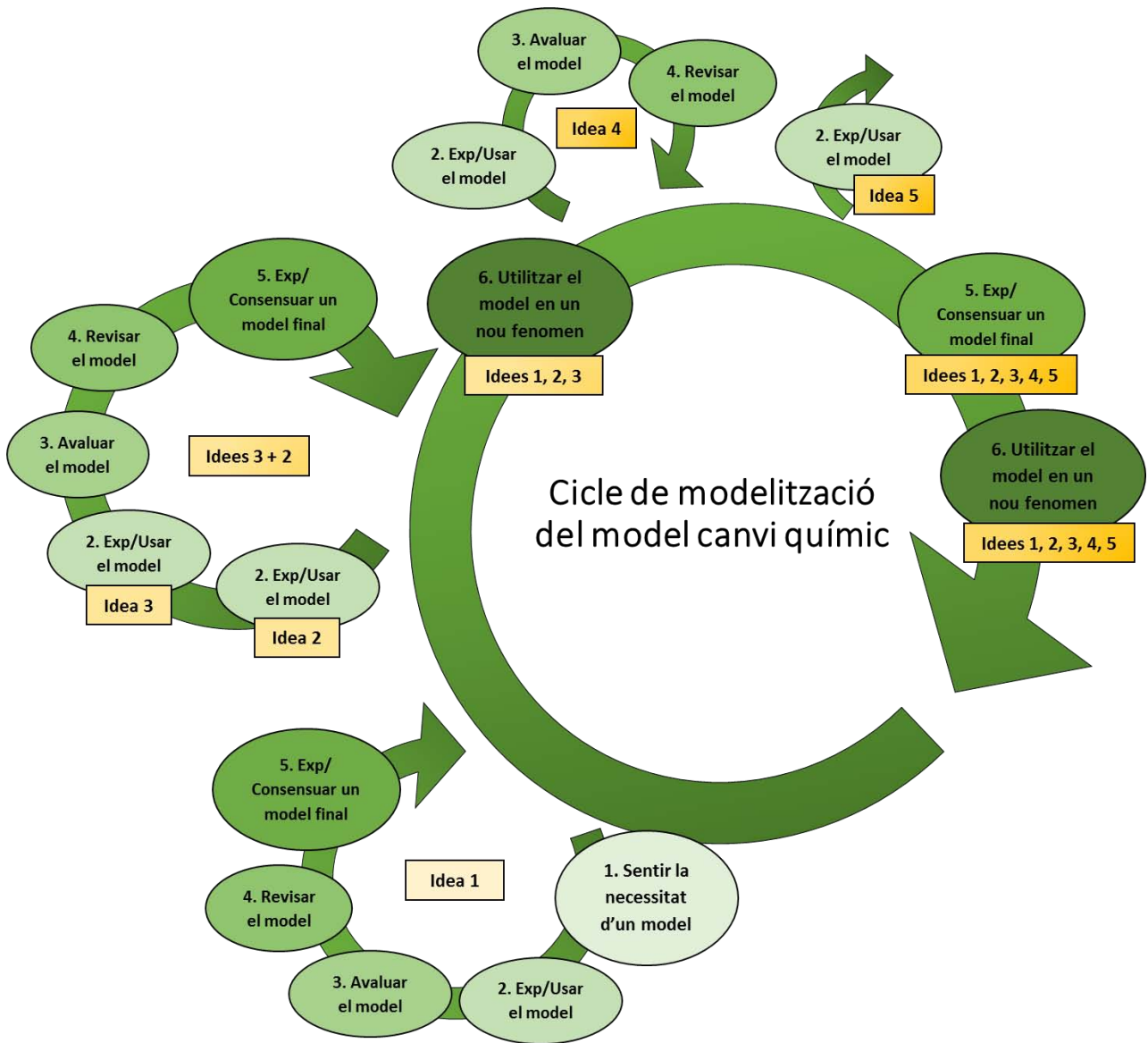


Figura 16: Esquema del cicle de modelització aplicat al model de canvi químic.

#### 4.5.2. Seqüència didàctica del model de flotació

El **model de flotació**, doncs, es proposa com un exemple o fenomen en la qual s'aplica el model newtonià d'interaccions mecàniques o de forces (model interpretatiu). El model de forces, per tant, s'ha d'haver introduït prèviament per tal que els alumnes tinguin certes nocions de les idees de forces i de la visió dinàmica. Com també creiem que és necessària una explicació en termes de densitat, és interessant que l'alumnat ja tingui, abans de començar la seqüència didàctica de flotació, certes nocions de densitat.

Les idees del model d'interaccions mecàniques, en el nostre cas, les introduïm inicialment proposant als alumnes descriure el moviment d'un objecte (cinemàtica), a partir de la observació del moviment d'un objecte quotidià i dels seus canvis, on és especialment rellevant la construcció de conceptes clau com el sistema de referència, la velocitat i l'acceleració. A continuació es proposa als alumnes identificar les causes dels canvis de moviment (dinàmica) a partir de la experimentació i la discussió entorn a diversos fenòmens paradigmàtics on hi ha diferents tipus de canvis de moviment i diferents forces causants d'aquests canvis. En tota la seqüència es busca que




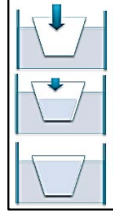
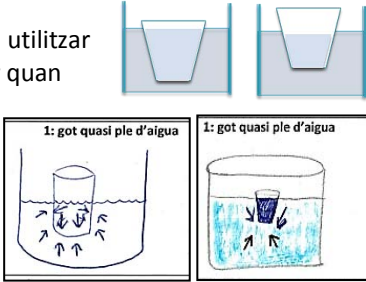
l'alumnat doni explicacions satisfactòries dels fenòmens des del punt de vista de les interaccions mecàniques, de manera que l'alumnat vagi adquirint "pensament físic" o el que anomenem "ulleres o manera de mirar dels físics": distingir la naturalesa de les forces (empentes o estirades que s'apliquen o es reben), l'efecte de les forces (acceleració o canvi en l'estat del moviment) i les variables que determinen aquests efectes (intensitat, direcció, massa). Per ajudar-los a "mirar" d'aquesta manera, es comparteix amb l'alumnat una base d'orientació (o regles del joc), és a dir un seguit de preguntes que ajuden a interpretar fenòmens des del model d'interaccions mecàniques. Això és important perquè quan es treballi el model flotació aquests alumnes ja s'hauran acostumat a mirar els fenòmens des d'aquesta perspectiva o mirada.

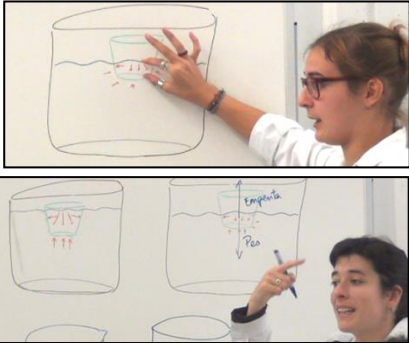
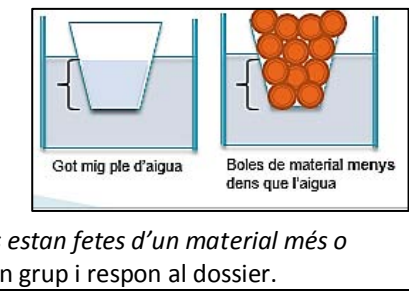
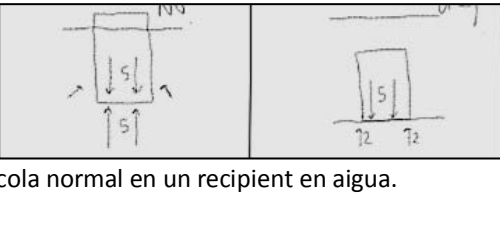
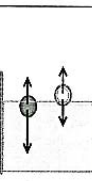
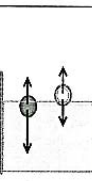
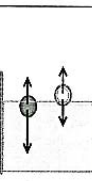
Entre les diferents idees que es van construir, se li dóna especial importància a la idea de pes o força de gravetat, per exemple a través de l'experiment de la caiguda lliure. El fenomen de caiguda lliure és especialment paradigmàtic perquè és la base des d'on es parteix per treballar el model de flotació: un model que intenta explicar la flotabilitat d'un cos en un fluid, però que no és més que una situació entremig entre la caiguda lliure (on un objecte interacciona amb l'aire, material gasós) i el recolzament d'un cos sobre una superfície (on un objecte interacciona amb una superfície, material sòlid). La flotació, per tant, explica el "recolzament" o "caiguda" d'un objecte (insoluble) en un fluid, i per tant es pot explicar en termes de la interacció mecànica entre el fluid i l'objecte. A partir d'aquí, el treball del model de flotació s'inicia amb intentar "fer un forat a l'aigua" i experimentar l'empenta de l'aigua, identificant que la força necessària per enfonsar un got va variant a mesura que enfonsem més o menys l'objecte. A continuació es planteja tornar a enfonsar el got fins la vora però anar afegint diferents quantitats d'aigua dins del got, interpretant cada situació en termes de les forces implicades i identificant en quin moment ja no cal fer força per enfonsar el got. Aquest moment és clau per entendre la naturalesa de l'empenta, ja que és fàcil d'adonar-se que aquesta és equivalent al pes de tot el got ple d'aigua. La següent tasca consisteix en interpretar dues situacions d'equilibri, utilitzant la base d'orientació prèviament utilitzada i dibuixant les forces implicades. Després de discutir-ho amb tota la classe, es consensuen els millors dibuixos i explicacions. Per últim, es planteja com interpretar fenòmens de flotació d'objectes fets de diferents materials, i es demana omplir el mateix got amb boles de diferents materials per intentar enfonsar-lo fins la vora, pesar-les i pesar la quantitat d'aigua que hi cap dins del got. A partir d'aquí, la interpretació es fa tant en termes de forces com en termes de densitat, ja que la tasca permet pensar en els dos models i integrar-los. Al final de la seqüència (tasca individual), es demana interpretar la flotabilitat de dues llaunes de coca-cola, una light i una normal, en aigua (tant en termes de forces com de densitat). Per últim, a l'examen es presenta el fenomen de dues pilotes surant en aigua, una plena d'alcohol i una plena d'aire, i es demana a l'alumnat que identifiqui els errors en les explicacions donades i les millori (de nou en termes de forces i de densitat).

A la taula 17. es mostra l'esquema de la seqüència didàctica pel model de canvi químic, on s'inclou el seguit de tasques dissenyades, amb imatges representatives dels materials o de la discussió. A les següents columnes (a la dreta) s'indica la fase de la seqüència instruccional i l'objectiu didàctic del cicle de modelització a la qual correspon cada tasca, i la idea del MCE de flotació que es pretén treballar amb cada tasca. L'esquema de la seqüència didàctica de manera més detallada es troba



inclosa a l'Annex 3. A continuació mostrem el cicle de modelització esquemàtic que segueix aquesta seqüència, amb els diversos sub-cicles que el formen (Figura 17.). Els materials didàctics complets (presentacions *Power Point*, dossiers dels seminaris, i documents de les tasques i examen) es troben als Annexos 4, 5 i 6.

Seqüència didàctica de modelització per a la construcció del model de flotació			
Tasca realitzada	Fase de la seqüència	Obj. Didàctic	Idea del M
<p><b>Tasca Flot 1</b>  <b>Introducció:</b> En gran grup es planteja una pregunta guia general sobre flotabilitat “<i>Per què suren o no suren les coses? De què depèn?</i>” mentre es presenten imatges d’objectes quotidians surant i enfonsant-se. L’alumnat respon oralment de manera informal i no es dóna <i>feedback</i>.  <b>Abans de l’Act. 1:</b> En gran grup, es demana l’ús del model inicial per explicar un fenomen concret de flotabilitat. “<i>Alguna vegada has intentat enfonsar una pilota dins l’aigua? Què passa? Per què creus que passa?</i>” (per començar a pensar què ens fa l’aigua quan intentem fer un forat en ella). L’alumnat respon oralment i no es dóna cap <i>feedback</i>, animant-lo a realitzar l’activitat.</p> 	<p><b>1. Presentar un fenomen quotidià i una pregunta guia que requereixi d’una explicació.</b></p>	<p><b>1. Sentir la necessitat d’un model</b></p>	<p><b>Idees 1, 2, 3</b></p>
<p><b>Tasca Flot 2</b>  <b>Act. 1. Quant costa fer un forat a l’aigua?</b> En grup petit, es proposa fer l’experiment d’enfonsar cada vegada més un got de plàstic (per fer un “forat” a l’aigua) i explicar els resultats: “<i>en quina situació estàs fent més força?</i>”, “<i>com ho explicaries en termes de les forces implicades?</i>” L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p> 	<p><b>2. Demanar l’ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions )</b></p>	<p><b>2. Expressar / Utilitzar el model inicial</b></p>	<p><b>Idea 1</b></p>
<p><b>Tasca Flot 3</b>  <b>Abans de l’Act. 2:</b> En gran grup, es demana l’ús del model inicial per explicar un altre fenomen concret de flotabilitat. “<i>Alguna vegada has agafat a coll a algú dins l’aigua? Què has experimentat? Hi ha alguna diferència amb si l’agafes fora de l’aigua? Com ho explicaries?</i>” (per començar a pensar a què equival aquesta força que ens fa l’aigua). L’alumnat respon oralment i no es dóna <i>feedback</i>, animant-lo a realitzar l’activitat.</p> 	<p><b>2. Demanar l’ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions )</b></p>	<p><b>2. Expressar / Utilitzar el model inicial</b></p>	<p><b>Idea 2 + Idea 3</b></p>
<p><b>Tasca Flot 4</b>  <b>Act. 2. Quant val com a màxim l’empenta de l’aigua?</b> En grup petit, es proposa fer l’experiment d’enfonsar el got amb diferents quantitats d’aigua a dins (per veure que com més aigua hi posem, menys costa fer el forat) i explicar els resultats: “<i>Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l’aigua?</i>”, “<i>Quin és el valor de l’empenta que fa l’aigua sobre el got?</i>”. L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p> 	<p><b>3. Posar a prova el model de forma empírica</b></p>	<p><b>3. Avaluar el model</b></p>	<p><b>Idea 2 + Idea 3</b></p>
<p><b>Tasca Flot 5</b>  <b>Act. 3: Quan sura un cos?</b> En grup petit, es proposa utilitzar la <i>base d’orientació</i> (preguntes que ens hem de fer quan volem interpretar fenòmens en termes de forces) per analitzar dues situacions d’equilibri (un got mig ple d’aigua i un got totalment ple d’aigua surant). L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier, dibuixant les forces. Exemples de produccions de l’alumnat:</p> 	<p><b>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b></p>	<p><b>4. Revisar el model</b></p>	<p><b>Idea 2 + Idea 3</b></p>

<p><b>Tasca Flot 6</b>  <b>Després de l'Act. 3:</b> Es comparteixen a la pissarra els dibuixos d'alguns grups, analitzant-los, comparant-los i revisant-los en gran grup. En gran grup es consensuen les explicacions, representacions i idees clau. Es defineix com seria el millor dibuix que explicaria la flotabilitat (en termes de forces) d'un objecte en equilibri.</p>		<p>5. Facilitar l'estructuració de les idees en un model final consensuat</p>	<p>5. Expressar / Consensuar un model final</p>	<p>Idea 2 + Idea 3</p>									
<p><b>Tasca Flot 7</b>  <b>Abans de l'Act. 4:</b> En gran grup, es planteja l'ús del model per explicar un altre fenomen concret de flotabilitat: <i>"Hem vist com l'aigua fa una empenta cap amunt quan volem submergir un got amb aigua, i que aquesta força és igual al pes d'aquesta aigua. Ara bé, les coses no estan fetes d'aigua. Si en realitat tinc un altre objecte fet d'un altre material... Què passarà? Com sabem si s'enfonsarà o no?"</i> (per començar a pensar en la flotabilitat de diferents materials). L'alumnat respon oralment i no es dona cap feedback.</p>	<p>2. Demanar l'ús del model inicial implícit</p>	<p>2. Expressar / Utilitzar el model inicial</p>											
<p><b>Tasca Flot 8</b>  <b>Act. 4. Com és l'empenta de l'aigua amb diferents objectes?</b> En grup petit, es proposa fer l'experiment d'omplir el got amb boles de diferents materials i observar com varia l'empenta, mesurant el pes del got amb boles i del volum d'aigua desplaçat, i explicar: <i>"A què equival el pes de les pilotes? Creus que les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua?"</i> L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<p>3. Posar a prova el model de forma empírica</p>	<p>3. Avaluar el model</p>	<p>Idea 4</p>									
<p><b>Tasca Flot 9</b>  <b>Després de cada activitat (1, 2, 3 i 4):</b> En gran grup, es consensuen i comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.          Exemple d'idees clau de l'activitat 4:</p>	<p><b>Idees flotabilitat (4)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El pes d'un objecte que sura és igual al pes del volum submergit fet d'aigua.</li> <li>O dit d'una altra manera, el pes de l'objecte és igual al pes de la quantitat d'aigua que cap en el forat que hem fet (el pes del volum d'aigua desplaçat).</li> </ul>	<p>5. Facilitar l'estructuració de les idees individuals en un model final consensuat</p>	<p>5. Expressar / Consensuar un model final</p>										
<p><b>Tasca Flot 10</b>  <b>Tasca individual (per fer a casa):</b> Es proposa un nou fenomen que s'ha d'interpretar en termes de densitat i de forces: la flotabilitat d'una llauna de coca-cola light i una de coca-cola normal en un recipient en aigua.</p>		<p>6. Promoure la transferència a per aplicar el model a noves situacions</p>	<p>6. Usar el model per predir o explicar un nou fenomen</p>										
<p><b>Tasca Flot 11</b>  <b>Examen:</b> Es proposa un nou fenomen (la flotabilitat d'una pilota de plàstic plena d'aire i una pilota de plàstic plena d'alcohol en un recipient en aigua) i unes possibles interpretacions en termes de densitat i de forces. Es demana identificar si l'explicació és correcta o no i millorar-la en cas necessari.          Exemple de producció d'un alumne.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="416 1704 587 1787"> <p>FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.</p> </td> <td data-bbox="592 1704 683 1883">  </td> <td data-bbox="687 1704 1093 1986"> <p>de forces que fan les pilotes són la força de la gravetat que exercix la Terra sobre l'objecte que no deixa de ser el pes de l'objecte. La força d'aigua és aquesta empenta que exercix el líquid que està dins de l'objecte però en direcció oposada a la que està en totes direccions, però resultant la força d'empenta no és igual en els dos casos, -sino estaria tota lleugera o suau sentençes d'empentes com la d'alcohol, d'empenta és igual al pes del volum de la part submergida d'objecte feta de líquid, en aquest cas aigua. Però això és menor en el cas de la que sura completament la part submergida és menor després baixen si que pesa més però que la d'aire però. faltar dir que és perquè l'alcohol té més densitat que l'aire.</p> <p>0,2</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="416 1794 587 1883"> <p>L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua i la que fa igual en els dos casos.</p> </td> <td data-bbox="592 1890 683 1986"> <p>E</p> </td> <td data-bbox="687 1890 1093 1986"> <p>PC</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="416 1890 587 1986"> <p>Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.</p> </td> <td data-bbox="592 1890 683 1986"> <p>E</p> </td> <td data-bbox="687 1890 1093 1986"> </td> </tr> </table>	<p>FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.</p>		<p>de forces que fan les pilotes són la força de la gravetat que exercix la Terra sobre l'objecte que no deixa de ser el pes de l'objecte. La força d'aigua és aquesta empenta que exercix el líquid que està dins de l'objecte però en direcció oposada a la que està en totes direccions, però resultant la força d'empenta no és igual en els dos casos, -sino estaria tota lleugera o suau sentençes d'empentes com la d'alcohol, d'empenta és igual al pes del volum de la part submergida d'objecte feta de líquid, en aquest cas aigua. Però això és menor en el cas de la que sura completament la part submergida és menor després baixen si que pesa més però que la d'aire però. faltar dir que és perquè l'alcohol té més densitat que l'aire.</p> <p>0,2</p>	<p>L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua i la que fa igual en els dos casos.</p>	<p>E</p>	<p>PC</p>	<p>Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.</p>	<p>E</p>		<p>6. Promoure la transferència a per aplicar el model a noves situacions</p>	<p>6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen</p>	<p>Idees 1, 2, 3, 4</p>
<p>FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.</p>		<p>de forces que fan les pilotes són la força de la gravetat que exercix la Terra sobre l'objecte que no deixa de ser el pes de l'objecte. La força d'aigua és aquesta empenta que exercix el líquid que està dins de l'objecte però en direcció oposada a la que està en totes direccions, però resultant la força d'empenta no és igual en els dos casos, -sino estaria tota lleugera o suau sentençes d'empentes com la d'alcohol, d'empenta és igual al pes del volum de la part submergida d'objecte feta de líquid, en aquest cas aigua. Però això és menor en el cas de la que sura completament la part submergida és menor després baixen si que pesa més però que la d'aire però. faltar dir que és perquè l'alcohol té més densitat que l'aire.</p> <p>0,2</p>											
<p>L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua i la que fa igual en els dos casos.</p>	<p>E</p>	<p>PC</p>											
<p>Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.</p>	<p>E</p>												

Taula 17: Esquema de la seqüència didàctica pel model de flotació.

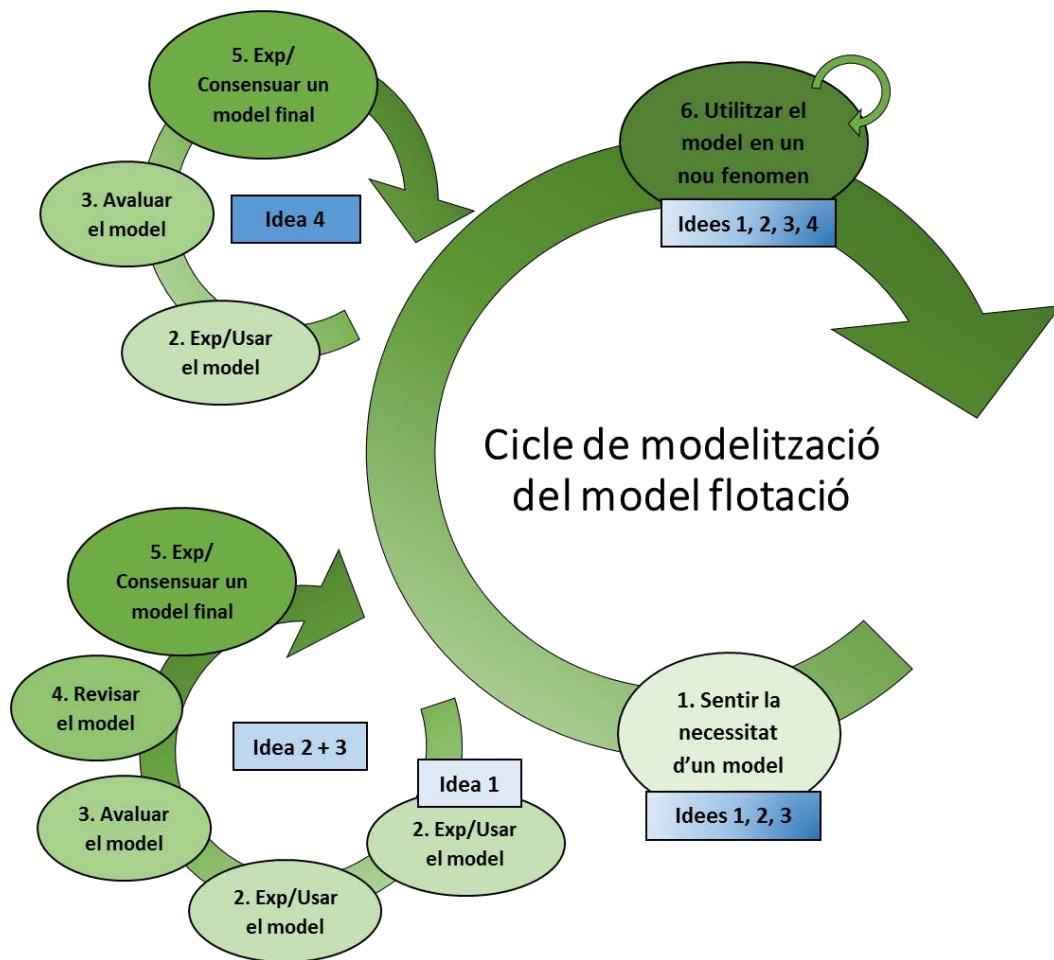


Figura 17: Esquema del cicle de modelització aplicat al model de flotació.



## CAPÍTOL 5.

# ESTUDI 2: ANÀLISI DE LA MODELITZACIÓ, ELS MODELS I ELS MECANISMES D'INFLUÈNCIA DIDÀCTICA EN LA FORMACIÓ INICIAL DE MESTRES DE PRIMÀRIA

---





## Introducció

Aquest estudi vol contribuir a la línia de recerca de les pràctiques discursives i cognitives a l'aula de formació inicial en ciències, investigant com els futurs mestres s'involucren en les pràctiques de modelització i evolucionen en el seu domini dels MCE, així com identificant quins són els detonants o mecanismes d'influència didàctica que engeguen l'activitat de modelització. Això s'ha fet en un context formatiu millorat iterativament per promoure-ho (tal i com es reporta a l'estudi 1). En concret, el context és l'assignatura de "Didàctica de les ciències" modificada i implementada durant el curs 2015-16, i que es presenta a l'estudi 1 com a producte de la transformació i anàlisi de l'assignatura. L'anàlisi d'aquests aspectes s'ha fet des d'una aproximació metodològica qualitativa interpretativa, però integrant anàlisis qualitatives i quantitatives per poder donar compte de tota la complexitat que es dona a l'aula durant l'activitat discursiva dels alumnes. A més, tant l'anàlisi de la modelització, com dels models i dels mecanismes d'influència didàctica s'ha realitzat a diferents escales (més generals i més concretes) per poder donar resposta a totes les preguntes de recerca que ens plantejem.

Els apartats a continuació detallen allò que hem fet, com ho hem fet i els resultats que hem obtingut. En primer lloc presentem la **metodologia** (5.1.), on justifiquem el nostre marc metodològic, les consideracions ètiques, el context de l'estudi, l'estratègia de recollida de dades i l'estratègia d'anàlisi de dades. A continuació presentem els resultats obtinguts i la discussió d'aquests, organitzats en tres apartats segons els tres objectius de recerca de l'estudi 2: **resultats i discussió respecte la modelització** (objectiu d'identificar en quines pràctiques de modelització s'involucren els futurs mestres) (5.2.), **resultats i discussió respecte els models** (objectiu d'analitzar com varia el domini dels models de canvi químic i flotació dels futurs mestres) (5.3.), i **resultats i discussió respecte els mecanismes** (objectiu d'identificar quins mecanismes d'influència didàctica promouen l'activitat científica de modelització a l'aula) (5.3.). Dins de cadascun d'aquests tres apartats es van presentant ordenadament els resultats de les preguntes de recerca per aquell objectiu i al final de cada apartat es discuteixen els resultats respecte cada pregunta conjuntament.

### 5.1. Metodologia

La manera com s'ha conduït aquesta recerca s'ha de concebre en termes del marc metodològic escollit, el context concret d'aquest estudi i l'estratègia de recollida i anàlisi de les dades. Aquests aspectes s'han escollit d'acord amb el nostre marc teòric i les nostres preguntes de recerca per l'estudi 2. L'objectiu d'aquest apartat és presentar i discutir els diferents aspectes de la metodologia utilitzada en aquest estudi de manera detallada i ordenada, per tal de facilitar al lector la comprensió sobre com s'ha construït la recerca i els resultats que s'han obtingut.

#### 5.1.1. Marc metodològic

En la recerca de les ciències socials existeix un debat sobre l'adequació dels diferents enfocaments o paradigmes metodològics: des d'un enfocament quantitatiu es tendeix a fer assumpcions positivistes i des d'un enfocament qualitatiu es nega el positivisme i s'utilitza la interpretació. Estem d'acord amb diversos autors en que l'aproximació qualitativa és la més adient per entendre fenòmens socials (i per tant, educatius) en el seu context (Esterberg, 2002; Jiménez Bargalló, 2016). Ara bé, també creiem que la integració apropiada de metodologies qualitatives i quantitatives permet assolir objectius de recerca interessants (Berliner, 2002; Onwuegbuzie, 2000).

Des del nostre punt de vista la rellevància del disseny metodològic no és troba tant en si es fa una aproximació qualitativa o quantitativa, sinó en si l'aproximació escollida s'adequa, d'una banda, al problema, objectius i preguntes de recerca que es plantegen; i d'altra banda, a les característiques de la realitat que es vol analitzar.

Per donar una resposta adient a les nostres preguntes de recerca, aquest estudi té un clar **caràcter qualitatiu-interpretatiu**, que s'ha basat en una **anàlisi quantitativa i qualitativa** però en tots els casos a partir de **dades qualitatives** (dades sobre allò que passa a l'aula amb tota la seva complexitat). Aquest enfocament ens permet donar compte de manera completa d'allò que està passant a l'aula en termes del tipus de modelització, dels models i dels mecanismes d'influència que es donen.

Per poder descriure, analitzar i comprendre aquests tres aspectes, és necessari que la recerca se situï en el seu **emplaçament natural**, és a dir, en el propi context on es desenvolupen les pràctiques de modelització, l'evolució del model i l'ús de mecanismes d'influència. És per això que la nostra forma de fer recerca es situa en el paradigma **interpretatiu**, ja que volem donar sentit d'allò que passa, observant i mostrant la realitat complexa tal i com passa (ja sigui de manera qualitativa o quantitativa), en el context en el qual passa, i no analitzar situacions artificials com es faria amb l'ús de qüestionaris, entrevistes, etc. Aquest estudi, doncs, es centra en la observació i interpretació dels processos d'ensenyament-aprenentatge que es donen naturalment a l'aula.

Des del nostre marc socio-constructivista de l'aprenentatge, considerem que el coneixement és co-creat i co-construït mitjançant la participació individual en les pràctiques discursives, cognitives i socialment organitzades que són pròpies d'una comunitat (Couso, 2009; Engeström, 2001; Hennessy, 1993; Kelly & Chen, 1999). En concret, podem dir que la participació de l'alumnat en unes pràctiques de modelització, la co-construcció que fan dels models i l'ús de mecanismes que influeixen aquests processos són de caràcter essencialment interpsicològic, la qual cosa implica que es poden identificar a través de **l'anàlisi de la interactivitat en la qual operen** (Onrubia, 1993), és a dir, a través de l'anàlisi del discurs que es dona entre els alumnes (Louca et al., 2011). Per això analitzem les discussions que es donen entre els alumnes (ja sigui de manera autònoma o amb el professorat) mentre participen o s'involucren en certes pràctiques de modelització, centrant-nos així en el seu coneixement o **les seves idees en ús**, és a dir, en acció (Berland et al., 2015). Per tant, per aquest estudi no té sentit ni és suficient obtenir i analitzar els productes d'aquest processos (produccions de l'alumnat, avaluació final, etc.), els quals considerem interessants i útils; sinó que ha calgut sobretot analitzar aquests processos **mentre s'estaven produint** (analitzant la conversa que es dona a classe). En conseqüència, la majoria de dades recollides i analitzades són de les discussions grupals a classe. Les produccions escrites de l'alumnat es van fer servir per l'anàlisi sobre models, ja que els documents escrits individuals ens va permetre obtenir una informació més explícita i individualitzada dels models de l'alumnat que va servir per complementar l'anàlisi de les discussions en grup.

Si volem analitzar l'activitat d'aula mentre s'està produint, amb totes les interaccions i processos que es donen a la comunitat d'aprenentatge, caldrà tenir en compte la gran complexitat que existeix en un context d'aquest tipus. Això és degut a que hi ha diverses persones interactuant alhora i realitzant accions variades, on es donen diverses converses simultànies, on les persones parlen en ocasions molt ràpid o sense vocalitzar massa bé, amb diferents accents, argots i volums, de vegades amb implícits, acompanyant el diàleg de gestos, expressions facials o onomatopeies, amb interferències d'altres grups o factors externs que poden influenciar al grup observat, etc. Aquesta complexitat és molt difícil de capturar si no s'utilitzen els instruments adequats, com per exemple, si s'utilitzen notes de camp o només gravadores de so. En aquest

sentit, les **gravacions de vídeo i àudio** simultànies són les més adients per capturar “tota”<sup>11</sup> la complexitat d’aquesta activitat d’aula. A més de donar-nos una informació audiovisual molt complerta, ens permeten tornar enrere en el temps i repetir una escena varies vegades, per tal de codificar-la adientment, per tal de poder discutir els resultats amb altres investigadors, i per poder fer seleccions molt específiques i codificacions molt “microscòpiques” (Reyer, 2005).

Ara bé, aquesta observació sistemàtica per tal d’obtenir unes dades el màxim d’adequades i naturals possible és una **situació paradoxal**, tal i com Labov va expressar fa més de 40 anys: “*L’objectiu de la recerca en lingüística en una comunitat ha de ser esbrinar com parlen les persones quan no se les observa sistemàticament; malgrat només podem obtenir aquestes dades a través de la observació sistemàtica.*” (Labov, 1972, p. 209). Recollir, doncs, unes dades autèntiques que informin d’allò que realment està passant a l’aula no és fàcil. Encara menys ho és amb aquest tipus d’instruments àudio-visuals, ja que les càmeres i gravadores són elements nous a l’aula que poden influir en el comportament normal dels alumnes (cohibint-se per por a ser avaluats, actuant de manera estranya per vergonya a ser gravats, no centrant-se en la tasca per la curiositat en els dispositius, etc.) (Reyer, 2005). Per tal d’evitar això, hem intentat ser molt curoses amb els aspectes metodològics i tècnics referents a les gravacions. En primer lloc, hem evitat al màxim interrompre o interferir en l’activitat de l’aula introduint els dispositius (les càmeres i les gravadores de so) des del principi de curs, de manera que els alumnes s’anessin acostumant a la seva presència i que en el moment de recollir les dades per aquest estudi (a mig curs) els alumnes ja s’haguessin acostumat i poguessin desenvolupar-se amb naturalitat davant les càmeres. A més, d’entre els diversos grups de treball que es van gravar durant les primeres sessions, es va escollir seguir a aquells grups que mostraven més indiferència a la presència de les càmeres, per tal d’obtenir unes dades el més genuïnes possible.

Si bé és cert que des de la dècada de 1970 l’ús del vídeo ha jugat un rol substancial en la recerca sobre la pràctica real d’ensenyament i aprenentatge (Brückmann et al., 2007) i en concret en la recerca en didàctica de les ciències, aquest ús s’ha donat de dues maneres molt diferents. Hi ha algunes recerques que analitzen vídeos de manera completament externa evitant la implicació personal de l’investigador, i per tant sense que l’investigador estigui present a les classes (l’anomenada anàlisi sistemàtica de vídeo). En canvi, en altres recerques l’investigador recull les dades mentre fa d’acompanyant o participa de la instrucció, és a dir, fent d’observador participant (l’anomenada anàlisi antropològica i qualitativa). La observació participant és el procés que permet als investigadors aprendre sobre les activitats de les persones que estan estudiant en el seu emplaçament natural, a través de la observació i la participació en aquelles activitats (DeWalt & DeWalt, 2002). Aquest tipus d’observació requereix, segons Bernard (1994), integrar-se en la comunitat de manera que els seus membres actuïn de manera natural, i llavors enretirar-se de l’emplaçament o comunitat per submergir-se en les dades, per entendre què està passant i escriure sobre allò. Nosaltres ens situem en aquesta segona: l’autora de la tesi se situa com a investigadora i **observadora participant**, és a dir, fent de professora de l’assignatura alhora que d’investigadora.

Situar-nos com a observadora participant ens aporta uns beneficis que hem considerat interessants per aquesta recerca. D’una banda, té l’avantatge del **contacte directe**, facilitant a l’investigador familiaritzar-se i conèixer la comunitat d’aprenentatge que haurà d’investigar. **A més, redueix la incidència de**

---

<sup>11</sup> Amb “tota” ens referim a què els vídeos ens permeten no perdre els detalls de la conversa i els gestos, etc. Ara bé, això no vol dir que tinguem tota la informació possible, ja que les gravadores de vídeo i so també tenen limitacions considerables. Per exemple, només comptem amb la imatge que es troba dins del rang de la càmera (que no sempre permet englobar tota l’escena de l’activitat), el so que es captura pot no ser justament el de la conversa que es vol gravar (potser d’una persona que passa per allà, d’un altre grup que crida més, o de dues converses simultànies dins del grup que es superposen i no s’escolten adequadament, etc. ).

“**reactivitat**”, o el fet que les persones actuïn estranyament quan s’adonen que estan sent observades. Per últim, dóna a l’investigador un **millor coneixement** d’allò que passa realment en l’activitat analitzada, donant crèdit a la interpretació feta de les observacions. Fins i tot hi ha autors que afirmen que certes situacions requereixen de la pròpia participació per poder ser compreses, perquè només observant-les externament, sense participar-hi, no es pot arribar a comprendre per complert l’activitat (Bernard, 1994). Nosaltres considerem que per tal de recollir proves fiables i poder-les interpretar adequadament és necessària la presència intensiva i continuada de la investigadora en el context natural, concretament com a docent de l’assignatura, ja que és la manera de no interferir en aspectes negatius (com la reactivitat de l’alumnat) i d’influir en aspectes positius per la recerca (com decidir el rol del professor per promoure una activitat de modelització adequada).

D’altra banda, però, ser observador participant també té certes limitacions. En primer lloc, l’investigador ha de determinar fins a quin punt es vol implicar o vol intervenir en la situació (en el nostre cas, adquirint el rol de professora) i fins a quin punt vol permetre que les situacions ocorrin de manera natural (en el nostre cas, adquirint el rol d’investigadora). En ocasions, aquesta **postura dual** d’investigador-participant pot convertir-se en una “*activitat esquizofrènica*”, tal i com afirma Merriam (1998). Ara bé, estem d’acord amb ella que no es tracta de qüestionar si el procés d’observació afecta a la situació o als participants, sinó que l’investigador ha de donar compte d’aquests efectes quan explica les dades. En el nostre cas, en els casos on el rol del docent i de l’investigador entraven en conflicte o tensió, hem prioritzat el rol de docent, ja que teníem una responsabilitat com a professores de l’assignatura. Inclús quan hauria estat adequat per a la recerca prendre una decisió concreta (ex. deixar el temps necessari per realitzar totes les fases del cicle per complert), hem pres la decisió adequada des del punt de vista del docent (ex. escurçar un debat o acabar una tasca més ràpidament per finalitzar la sessió dins del temps de la sessió).

Alguns estudis han apuntat també a la problemàtica de la **subjectivitat** quan es fa de observador participant, al·legant que diferents investigadors poden adquirir diferents comprensions d’allò que estan observant, especialment quan l’investigador s’implica personalment pel fet de tenir una perspectiva similar, contrària o superior a la dels participants (DeMunck & Sobo, 1998). Si bé aquesta limitació existeix, i alguns investigadors de metodologies qualitatives parlen de la impossibilitat de ser objectiu i subjectiu alhora, nosaltres estem d’acord amb aquells autors que afirmen que aquests dos aspectes poden coexistir. Més encara, creiem que la subjectivitat (en els processos, les relacions socials, els instruments i les metodologies de recerca) facilita la comprensió objectiva de fenòmens psicològics (Ratner, 2002). En aquest sentit, és crucial, en la recerca qualitativa i especialment sent investigador participant, requereix 1) ser transparents amb el procés d’investigació, detallant quina estratègia de recollida i anàlisi de dades s’ha seguit o quins instruments s’han utilitzat, així com justificant aquestes decisions; 2) incloure explícitament les dades en les quals fonamentem les nostres interpretacions, i 3) ser respectuosos amb els participants, utilitzant una varietat de mètodes per assegurar-nos que allò que interpretem realment coincideix amb la comprensió dels participants (Ratner, 2002).

### 5.1.2. Consideracions ètiques

En qualsevol recerca és important tenir en compte els aspectes ètics en relació a com es realitza la recerca. En el cas de la investigació sociològica o educativa, les consideracions ètiques són especialment importants, ja que tractem amb persones que mereixen un respecte com a participants de l’estudi. Aquest respecte es fa encara més rellevant sent nosaltres investigadores participants, ja que com ja hem comentat és important considerar la opinió dels participants en l’estudi per arribar a unes interpretacions adequades. Finalment, el fet de realitzar gravacions de vídeo dels participants ens demana fer un ús molt acurat de les

dades, ja que són dades especialment sensibles on hi ha implicats aspectes de privacitat i drets d'imatge. Les accions realitzades per assegurar aquests aspectes ètics es detallen a continuació.

En primer lloc, en el moment que vam conèixer a l'alumnat participant els vam **informar** que l'objectiu de gravar les sessions era el de documentar la seva activitat, sempre des d'una perspectiva de recerca i en cap cas d'avaluació dels seus coneixements o actituds respecte l'assignatura. També vam informar del tema i els objectius de la recerca, indicant que el nostre objectiu era conèixer millor la realitat del procés d'ensenyament-aprenentatge de les ciències en la formació inicial de mestres i proposar millores per l'assignatura el curs vinent. Per tal que tots els alumnes estiguessin informats apropiadament i en detall de les implicacions de participar en la recerca, se'ls hi va donar un *Full informatiu* (inclòs a l'annex 7 de la tesi) que incloïa els objectius de recerca, informació sobre la confidencialitat de les dades recollides i les dades de contacte de les investigadores.

En segon lloc, per tal d'adoptar una aproximació participativa, vam considerar important **incloure** als participants en el procés d'investigació, a través de diferents accions des de l'inici al final de la investigació, tal i com recomanen alguns autors (Marshall & Batten, 2004). Primerament, després d'informar als alumnes dels detalls de la recerca, es va donar un *Formulari de consentiment* (inclòs també a l'annex 7 de la tesi) on els alumnes podien escollir els aspectes de la recerca amb els quals estaven d'acord i amb els quals volien col·laborar. Després d'emplenar-lo i signar-lo, els formularis es van recollir, escanejar i guardar. D'altra banda, incloure als participants en el procés d'investigació implica que la recerca tingui sentit i adrexi aspectes importants pels participants (tant dels alumnes com de l'equip docent). En aquest sentit, aquesta tesi aporta, a més de conclusions teòriques, implicacions pràctiques (com instruments didàctics, propostes de millora, etc.) que poden servir no només a la comunitat educativa en general (pel disseny i implementació de seqüències instruccionals), sinó en especial a la comunitat d'aquesta assignatura, ja que els alumnes de futures promocions de l'assignatura es poden beneficiar de les millores concretes realitzades a les diverses sessions i l'equip docent pot beneficiar-se de l'aportació de noves idees i canvis en l'assignatura. Per últim, amb la intenció d'assegurar la adequació dels resultats, les interpretacions fetes de l'anàlisi s'han discutit amb la professora principal del grup-classe escollit i amb una alumna del curs 2014-15 que ha treballat com a becària del departament. A més, es pretén fer un retorn dels resultats de la recerca a les alumnes<sup>12</sup> participants del curs 2015-16 (formalment a través d'un escrit i convidant-les a la presentació oral de la tesi), i a l'equip docent de l'assignatura (convidant a la professora principal del grup classe analitzat a ser part del tribunal de tesi).

Per últim, un dels aspectes més importants de la responsabilitat ètica consisteix en guardar i protegir **l'anonimat** dels participants en tot moment. Per això, tant en el document escrit com en la futura defensa oral de la tesi i les passades i futures presentacions orals a congressos s'ha preservat l'anonimat de tots els participants utilitzant codis numèrics en comptes dels noms reals per evitar la seva identificació. Les imatges o petits clips de vídeo on surten els participants, tal i com s'indicava en el full informatiu, únicament s'han utilitzat i s'utilitzaran amb finalitats de recerca i formatives. Els enllaços web als vídeos que s'inclouen en el format digital d'aquesta tesi tenen accés restringit i només es poden visualitzar amb l'autorització de l'autora.

---

<sup>12</sup> A partir d'aquest moment ens referim a "l'alumna" o "les alumnes" (en femení) quan parlem de l'alumnat del grup que hem seguit per la realització de l'Estudi 2, ja que totes les components dels dos grups analitzats en aquest estudi (G1 i G2) són del gènere femení. En canvi, utilitzem el masculí genèric ("l'alumne" o "els alumnes") quan ens referim a tot el grup classe (on hi ha alumnes del gènere masculí i femení), o quan ens referim a l'alumnat en abstracte.

### 5.1.3. Context de l'estudi

Tal i com ja s'ha mencionat a l'estudi 1 d'aquesta tesi (capítol 4), les dades recollides per l'estudi 2 es van agafar en el context de l'assignatura obligatòria de 3<sup>er</sup> de grau d'educació primària de la UAB anomenada "Didàctica de les ciències experimentals". Aquesta assignatura va ser impartida durant el primer trimestre de curs (setembre-desembre), al llarg de 12 sessions d'entre 1h 30min i 4h 30min cadascuna. Tal i com també s'ha explicat a l'Estudi 1 d'aquesta tesi, aquesta assignatura va estar modificada iterativament al llarg de 3 anys, amb l'objectiu de tenir un context adequat per analitzar la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització i la seva progressió en el domini del model.

L'assignatura durant el curs 2015-16 va comprendre entre el 17 de setembre del 2015 i el 17 de desembre del 2015. En concret, vam seguir al grup-classe número 21 que tenia 78 alumnes matriculats. Les formadores responsables d'aquest grup eren una investigadora/formadora sènior del departament (per les sessions del model "Canvi geològic" i del model "Ésser viu") i l'autora de la tesi/jo (per les sessions del model "Canvi Químic" i del model "Interaccions mecàniques").

Tot i que es van recollir dades de tota l'assignatura (els documents escrits de tots els alumnes i les gravacions de vídeo i àudio de totes les sessions, duplicades per dos grups seguits), en una primera fase es van seleccionar aquelles dades a analitzar: les que formaven part de les sessions dels models (o sub-models) de **canvi químic** i de **flotació**. La selecció d'aquestes dades va seguir tres criteris principals. El primer criteri era que fossin sessions impartides per l'autora de la tesi (i per tant on teníem més llibertat per fer la instrucció seguint uns criteris didàctics i de recerca determinats). El segon criteri era que fossin sessions molt modificades al llarg de la transformació de l'assignatura (Estudi 1), i per tant, les sessions havien de formar part dels models "matèria/partícula" i "interaccions mecàniques" (veure Figura 18). En tercer lloc, el motiu per seleccionar justament els sub-models canvi químic i flotació va ser doble: primer, perquè en aquests dos sub-models es posen en joc de manera més concreta i sofisticada les idees clau dels dos grans models prèviament seleccionats (matèria/partícula i interaccions mecàniques); i segon, perquè aquests dos sub-models estan molt presents a la literatura i a l'aula de primària però contràriament falten recerques sobre les seves progressions d'aprenentatge empíriques.

Aquests dos sub-models es van treballar al llarg de la sessió 6 (*Seminari Canvi Químic*) i la sessió 9 (*Seminari Flotabilitat*) i per tant són les sessions seleccionades per l'anàlisi d'aquest estudi (Veure Figura 18), a més dels documents escrits que facin referència a les dues seqüències didàctiques d'aquests dos sub-models. Els materials didàctics (presentacions Power Point, dossiers dels seminaris, i documents de les tasques i examen) d'aquestes seqüències estan inclosos als Annexos 4, 5 i 6.

	Model Canvi Geològic			Model Matèria / Partícula			Model Interaccions Mecàniques		Model Ésser Viu			
2013-14	1 Mag Terra	2 Sem Cicle roques	3 Sem Sortida Montcau	4 Mag Matèria	5 Sem Fira Partícules	6 Sem Canvi Químic	7 Sem Sortida CDEC	8 Mag Sist. Físics	9 Sem Flotabilit.	10 Mag Nutrició	11 Mag relació	12 Sem nutrició + relació
2014-15	1 Mag Terra	2 Sem Cicle roques	3 Sem Sortida Montcau	4 Mag Matèria	5 Sem Fira Partícules	6 Sem Canvi Químic	7 Sem co-aval videos matèria	8 Mag Sist. Físics	9 Sem Flotabilit.	10 Mag Nutrició	11 Mag relació	12 Sem nutrició + relació
2015-16	1 Mag Terra	2 Sem Cicle roques	3 Sem Sortida Montcau	4 Mag Matèria	5 Sem Fira Partícules	<b>6 Sem Canvi Químic</b>	7 NO CLASSE	8 Mag Sist. Físics	<b>9 Sem Flotabilit.</b>	10 Mag Nutrició	11 Mag relació	12 Sem nutrició + relació

Figura 18: Sessions seleccionades per l'anàlisi de l'Estudi 2.



#### 5.1.4. Estratègia de recollida de dades

##### 5.1.4.1. Tipus de dades recollides

Com ja s'ha comentat al marc metodològic (apartat 5.1.1.), amb l'objectiu de conèixer no només el producte final de l'activitat de modelització (és a dir, el model assolit per l'alumnat), sinó investigar el tipus d'activitat de modelització (és a dir, la participació en les pràctiques de modelització i l'evolució del model) que es dona a l'aula, es van recollir tant dades de tipus audiovisual com produccions escrites.

En primer lloc, per identificar l'evolució del model, la participació en les pràctiques de modelització i els mecanismes d'influència didàctica, vam realitzar **gravacions de vídeo i àudio** de totes les sessions, tant de les sessions magistrals i posades en comú en gran grup (tot el grup classe), com de les discussions en petit grup realitzades als seminaris (grups de 4-5 persones). En concret, es va fer el seguiment a dos grups petits, amb un total de nou alumnes: el Grup 1 (G1), format per 5 alumnes (codis usats: C11, C12, C13, C14 i C15), i el Grup 2 (G2), format per 4 alumnes (codis usats: B21, B22, B23 i B24). Aquests grups es van seleccionar a partir de les observacions realitzades durant les primeres sessions del curs, tenint en compte el grau de participació i el tipus d'activitat discursiva dels seus participants. És a dir, l'alumnat dels grups seleccionats mostrava una implicació i un diàleg actiu i productiu en relació a la tasca.

Els criteris de selecció de les gravacions audiovisuals d'aquests dos grups van ser els següents: 1) es complien les mínimes característiques tècniques (tot el diàleg gravat, so correcte, etc.); 2) la gravació s'havia realitzat pels dos grups seguits (al menys en vídeo o en àudio), i 3) es donava un diàleg entorn el tema de la classe i una discussió rica i activa dels diferents components del grup (ex. no estan d'acord, es pregunten idees, etc.)

En segon lloc, per conèixer l'evolució del model, es van recollir les **produccions escrites** de l'alumnat dels grups seleccionats (N=9). Aquestes produccions eren tasques requerides al llarg de l'assignatura i de tipus individual: els deures o tasques per fer a casa individualment i l'examen final.

En els criteris de selecció dels documents escrits es va tenir en compte, en la mesura del possible, que el model expressat o utilitzat per l'alumne en aquell document fos el model "real" de l'alumne i no el donat per la professora o el consensuat amb tota la classe. Per aquest motiu, per exemple, es van deixar fora de l'anàlisi els dossiers realitzats al seminari, ja que es va veure, tant *in situ* com en la lectura posterior de les respostes, que l'alumnat incloïa en el dossier idees que s'havien consensuat durant la posada en comú, copiant la informació de la presentació PPT textualment. Els dossiers, doncs, es van descartar de l'anàlisi perquè no ens donarien informació útil sobre el model real dels alumnes. Els únics documents escrits considerats útils per l'anàlisi van ser els deures o tasques individuals (que no podien copiar de cap document de classe) i l'examen final.

##### 5.1.4.2. Selecció de dades analitzades segons cada objectiu de recerca

Una vegada concretat el context de recollida de dades (les sessions i sub-models a analitzar) i fer una primera selecció de dades per assegurar que aquestes complien els criteris tècnics i contextuals per donar compte de l'activitat de modelització dels alumnes, es va procedir a fer una segona selecció de dades que donés resposta a cada objectiu de recerca d'aquest estudi. Per això, per cada objectiu de recerca (identificar les pràctiques de modelització, analitzar la variació dels models i identificar els mecanismes d'influència didàctica que promouen l'activitat de modelització) es van seleccionar unes tasques de les seqüències de canvi químic i flotació diferents (veure Figura 19).

Les tasques de la seqüència escollides per analitzar la **modelització** en la qual s'involucren els alumnes les hem anomenat **Fases**, ja que analitzem com evoluciona la participació en les pràctiques de modelització al



llarg de les *fases* instruccionals del cicle de modelització. Com cada cicle instruccional (de canvi químic i de flotació) conté diversos sub-cicles, hem seleccionat per l'anàlisi el sub-cicle més gran i complert (amb més fases) de la seqüència. D'aquest sub-cicle s'han seleccionat aquelles fases on realment hi ha hagut participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització, descartant aquelles fases on no hi ha discussió i diàleg entre l'alumnat. Les fases no analitzades per no donar-se discussió han estat la Fase 1 (Reconèixer la necessitat d'un model) i la Fase 6 (Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen). En el primer cas (F1) perquè en aquesta fase no s'espera que l'alumnat discuteixi respecte el model, sinó que senti o reconegui que necessita un model per explicar un fenomen quotidià. En el segon cas (F6) perquè, concretament en el nostre disseny instruccional, aquesta fase sempre s'ha plantejat com una demanda individual i per escrit (en format de tasca per fer a casa o en format examen), amb la qual cosa evidentment tampoc hi ha hagut diàleg entre l'alumnat. Per tant, les fases seleccionades per analitzar les pràctiques de modelització en les quals s'involucra l'alumnat van ser la Fase 2 (Expressar/Utilitzar el model inicial), la Fase 3 (Avaluar el model), la Fase 4 (Revisar el model) i la Fase 5 (Expressar/Consensuar un model final). Aquesta última fase (F5) no va poder ser analitzada en el cas del model de canvi químic, ja que per falta de temps no es va donar discussió entre l'alumnat sinó que únicament es va fer una curta posada en comú dels principals resultats obtinguts i de les conclusions més importants. Per tant, de la seqüència de flotació vam seleccionar les fases *F2, F3, F4 i F5* per l'anàlisi i de la seqüència de canvi químic vam seleccionar únicament les fases *F2, F3 i F4*.

Les tasques de la seqüència escollides per analitzar els **models** les hem anomenat **Moments**, ja que analitzem les versions o nivells dels models en els quals es troba l'alumnat en diferents *moments* de la seqüència didàctica. Per a cada model s'han seleccionat 5 moments repartits al llarg de tota la seqüència, des de la primera expressió/ús del model a l'inici d'aquesta (moment 1) fins a la última, que en tots els casos correspon a l'examen (moment 5). La resta de moments intermedis s'han distribuït al llarg de la seqüència, intentant que aquests moments corresponguessin amb les diferents idees del model treballades (idea 1, idea 2, etc.), sempre que els criteris tècnics ho permetessin. En alguns casos no va ser possible. Per exemple, en el model de canvi químic, les tasques de la seqüència on es treballa la idea 4 del model no van poder ser analitzades per problemes tècnics (només vam poder gravar a un dels grups) a causa d'imprevistos del context (la tasca es va realitzar a la sessió magistral amb tots els grups junts en comptes de al seminari com estava previst). Alguns d'aquests *moments* corresponen a gravacions de vídeo perquè consisteixen en una tasca que requeria discussió en grup. Aquests moments en moltes ocasions coincideixen amb les *fases* on s'analitza la modelització (veure Figura 19). Altres *moments*, en canvi, corresponen a documents escrits, perquè consisteixen en una tasca de tipus escrita. Per últim, cal tenir en compte que, per assegurar que els *moments* donen compte de l'evolució de cada sub-model, de vegades no coincideixen els moments seleccionats per analitzar un sub-model i l'altre (per exemple, el de canvi químic-macro i el de canvi químic-micro). En el cas de la seqüència de canvi químic, el moment 1 (M1) i moment 2 (M2) són diferents pel sub-model macro i els sub-models micro. La resta de moments són comuns per tots els sub-models. Així, els moments analitzats pel model de canvi químic van ser (en ordre d'aparició a l'assignatura): *M1-macro, M2-macro, M1-micro, M2-micro, M3, M4 i M5*. En el cas de la seqüència de flotació, el moment 3 és diferent pel sub-model densitat i el sub-model forces, mentre que la resta de moments són comuns per tots els sub-models. Així, els moments analitzats pel model de flotació van ser (en ordre d'aparició a l'assignatura): *M1, M2, M3-forces, M3-densitat, M4 i M5*.

Per analitzar els **mecanismes d'influència didàctica** s'han fet dues seleccions de dades diferents. En primer lloc, per identificar quins mecanismes es promouen, amb quina abundància i qui els promou, s'han analitzat totes les discussions d'aula, en totes les fases i moments; és a dir, totes aquelles tasques que fossin discussions de grup (no documents escrits) i que prèviament s'analitzessin en relació al model o a la

modelització. En segon lloc, per identificar la influència que tenen aquests mecanismes en l'activitat de modelització, es va fer una pre-selecció d'episodis interessants que ens van semblar rellevants des d'un punt de vista didàctic, tant al professorat com als diversos investigadors de l'equip de recerca. Aquests episodis es van seleccionar no amb criteris de millora del model o de bona pràctica de modelització, sinó per ser interessants didàcticament, i de fet es van seleccionar abans de realitzar l'anàlisi sobre modelització i models. Alguns d'aquests episodis pre-seleccionats ja s'han presentat en congressos pel seu interès didàctic (Couso & Garrido, 2016). D'aquests *Episodis interessants*, es van seleccionar aquells on es donaven els mecanismes d'influència didàctica més abundants ja identificats. En total es van seleccionar 12 episodis didàcticament significatius que mostren de manera representativa l'efecte que tenen els mecanismes d'influència més comuns en l'activitat de modelització. D'aquests, 4 d'ells corresponen al model de canvi químic i 8 d'ells al model de flotació. D'altra banda, 7 episodis són del grup 1 i 5 episodis són del grup 2.

A la Figura 19 intentem unificar i clarificar quines van ser les tasques de la seqüència seleccionades per analitzar la modelització, els models i els mecanismes, és a dir, a quines tasques de les seqüències didàctiques de canvi químic i de flotació corresponen les *Fases*, *Moments* i *Episodis interessants* que es van seleccionar. En aquesta figura, s'inclouen detalls del "**disseny de la seqüència**" (part superior dels dos esquemes), com el nom de les tasques dissenyades (Tasca Canvi 1, Tasca Canvi 2, etc.), amb la fase del cicle al que corresponen (2, 3, etc.) i la idea del model que es treballa (idea 1, idea 2, etc.). A continuació s'indica quines van ser les "**dades**" seleccionades per l'anàlisi (part central dels dos esquemes), detallant el nom del document (Ex. "Act 1"), el tipus de document (text o vídeo en fons gris o blanc) i la llargada aproximada del document en cas de ser vídeo (ex. 10'). S'ha de tenir en compte que aquestes dades s'han de multiplicar per 9 en el cas de ser de documents de text (ja que es va analitzar un document de text per cadascuna de les 9 alumnes dels dos grups seleccionats) i per 2 en el cas dels documents audiovisuals (ja que es va analitzar un vídeo per cada grup seleccionat). Finalment es detallen les dades seleccionades per "**l'anàlisi**" (part inferior dels dos esquemes), en concret, quins d'aquests documents es van utilitzar per analitzar la pràctica de modelització (FASE), per analitzar els models (MOMENT) i per analitzar els mecanismes d'influència didàctica (EPISODI). Les fletxes verdes circulars indiquen els sub-cicles de modelització que hi ha a cada seqüència, on es pot apreciar que les *Fases* seleccionades per l'anàlisi de modelització són les dels sub-cicles més grans (el segon en el cas del canvi químic i el primer en el cas de flotació). Les fletxes lineals de color groc o blau indiquen la direcció en la qual avança la seqüència (fletxes fosques) i la direcció en la qual avancen els *moments* seleccionats per l'anàlisi de models (fletxes clares).

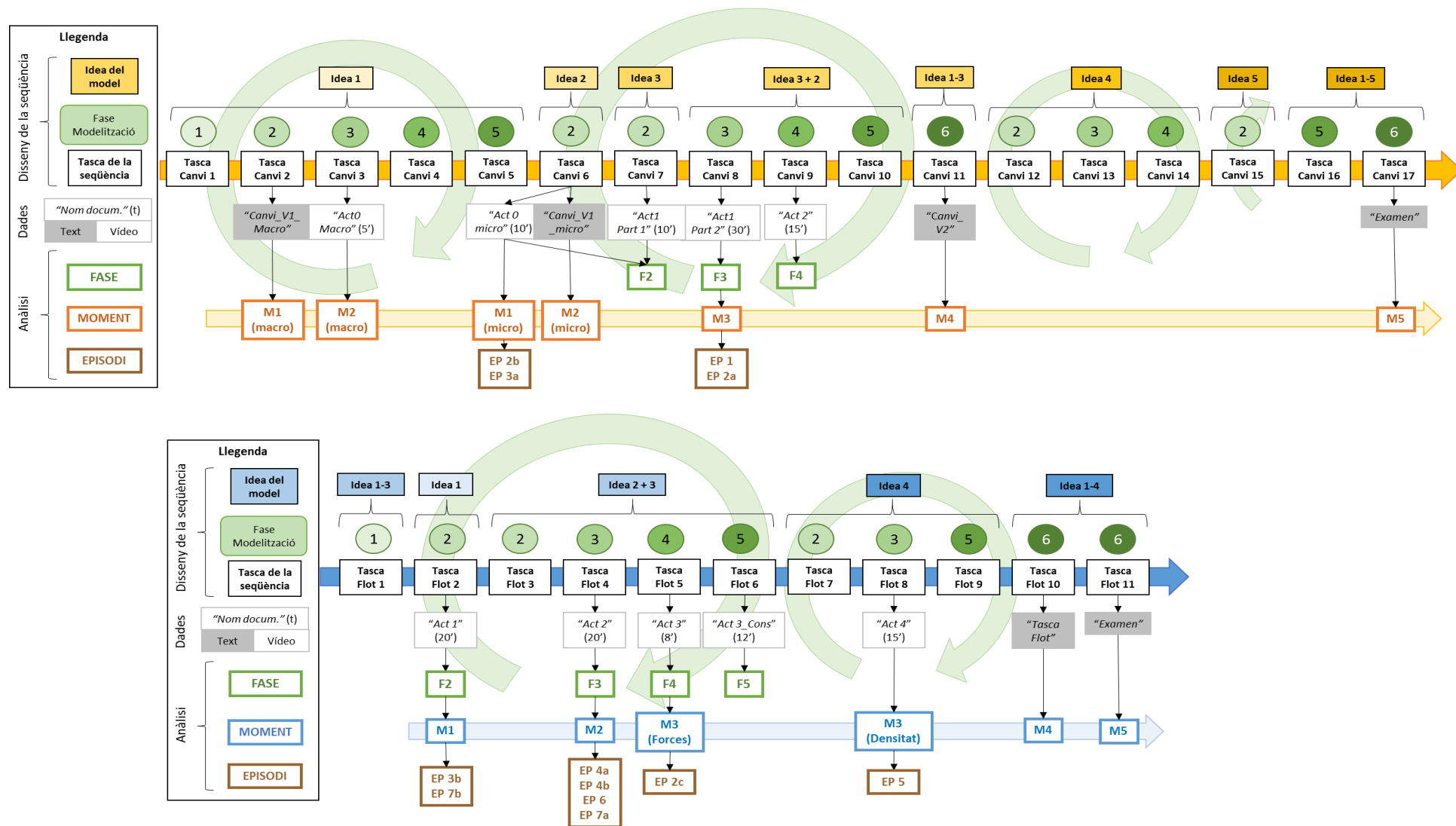


Figura 19: Esquema de la selecció de dades analitzades a l'Estudi 2

Seqüència de canvi químic (primer esquema) i seqüència de flotació (segon esquema). En cada cas, es mostra el disseny de la seqüència (idees del model que es treballen, fase de la modelització que es promou i nom de la Tasca), les dades seleccionades (nom dels documents, tipus de dades (text o vídeo) i temps dels documents de vídeo) i el nom donat a les dades seleccionades segons els tres aspectes que s'analitzen: la modelització (*Fase*), els models (*Moment*) i els mecanismes d'influència didàctica (*Episodi*).

#### 5.1.4.3. Tractament de les dades

Una vegada seleccionades les tasques concretes de cada seqüència a ser analitzades per donar resposta a cada objectiu de recerca, va ser necessari un tractament de les dades seleccionades, previ a la seva anàlisi.

Pel que fa al tractament de **dades audiovisuals**, es van realitzar una edició dels vídeos i àudios seleccionats. Aquesta edició va incloure: 1) la unió de l'arxiu de vídeo i l'arxiu d'àudio corresponents a la mateixa tasca i mateix grup, en un sol document (per tal de tenir un document de vídeo amb millor qualitat de so), 2) el tall i la unió dels vídeos resultants en fragments que corresponguessin exactament amb cadascuna de les tasques (ja que per causes tècniques i contextuais no sempre la unitat de gravació corresponia amb tota la tasca, sinó que en un mateix vídeo es podien donar dues tasques, o una mateixa tasca estar dividida en dos vídeos), i 3) el canvi a un format de menys qualitat per poder ser agregats/importats posteriorment al programari o *Software* d'anàlisi qualitativa, però intentant que tingués prou qualitat de imatge i d'àudio com per poder ser adequadament interpretats. Els documents de vídeo es van guardar amb un nom codificat que incloïa la informació necessària pel seu reconeixement i distinció posterior (el model, la tasca i el grup), en format *.AVI* i amb una qualitat de 576X1024 fotogrames. De les 8 hores aproximades de classe reals (dos sessions de dues hores, per dos grups analitzats), el nombre d'hores de vídeo seleccionades i que posteriorment van ser analitzades en profunditat (tant en relació a la modelització, com als models i als mecanismes) van ser un total de 4:51:44 (4 hores 52 minuts). Els trossos no seleccionats corresponen a introduccions de la sessió, aspectes organitzatius, posades en comú, etc. D'aquestes aproximadament 5 hores analitzades, els alumnes van estar involucrats activament en l'activitat de modelització més d'un 60% de tot el temps disponible per realitzar cada tasca. En cap cas es van transcriure per complert totes les hores de gravació, sinó només petits trossos requerits per l'anàlisi, per ajudar a la interpretació de l'anàlisi qualitativa realitzada a l'apartat de resultats en relació als mecanismes (apartat 5.4.), i per aspectes de comunicació en congressos.

En relació al tractament de **dades escrites**, els documents de l'alumnat es van recollir en paper, es va escriure el codi de cada alumne a l'extrem del full i esborrar el nom real de l'alumne, i es van escanejar per digitalitzar-los. Els documents escanejats es van separar de manera que hi hagués un sol document per alumne i tasca, i es van guardar en format *.PDF*, també amb un nom codificat que incloïa la informació necessària pel seu reconeixement i distinció (el model, la tasca i l'alumne).

Tant els documents de text (*.PDF*) i els documents de vídeo (*.AVI*) es van classificar en carpetes ordenadament i es van agregar al programa d'anàlisi qualitativa *Atlas.ti*.

#### 5.1.5. Estratègia d'anàlisi de dades

L'estratègia d'anàlisi usada en aquest estudi també té coherència amb els objectius de recerca proposats. Per això, es van definir unes categories d'anàlisi específiques per a cada objectiu (de modelització, de models i de mecanismes). Amb aquestes categories es van codificar tots els vídeos seleccionats i finalment es va fer una anàlisi a diferents escales: una més concreta i analítica per donar compte de la variació de les pràctiques de modelització i dels models a escala molt petita, una més general i quantitativa per mostrar l'evolució en la modelització i els models de l'alumnat al llarg de la seqüència, així com per calcular percentatges en relació als mecanismes, i finalment una més concreta de nou però de tipus qualitativa interpretativa per conèixer en profunditat l'efecte dels mecanismes en l'activitat de modelització de l'alumnat. A continuació es detalla la definició de les categories de cada dimensió d'anàlisi, la codificació i establiment de les unitats d'anàlisi, les accions realitzades per assegurar la confiabilitat de l'anàlisi i l'anàlisi posterior que es va realitzar de les dades.

### 5.1.5.1. Definició de les categories de cada dimensió d'anàlisi

Les tres dimensions d'anàlisi defineixen les tres dimensions de categories d'aquest estudi 2: categories de les pràctiques de modelització, categories dels nivells o versions dels models i categories dels mecanismes d'influència didàctica. Totes les categories s'han construït en un constant anar i venir de la teoria a les dades, però algunes dimensions han estat més fonamentades en la teoria i d'altres més en les dades empíriques recollides. Els detalls sobre la creació i definició de les categories de cada dimensió s'expliquen a continuació.

#### Categories de les pràctiques de [modelització](#)

La creació inicial de les categories de modelització es va realitzar de manera teòrica, en base a la literatura de l'àmbit (Baek et al., 2011; Schwarz et al., 2009) modificant lleugerament el nom d'algunes pràctiques i les seves definicions (tal i com s'explica al marc teòric de la tesi), així com definint uns límits clars per tal de fer-les útils per l'anàlisi desitjada. Tot i que les categories teòriques es van modificar lleugerament en base a les dades, l'anàlisi de les pràctiques de modelització es pot considerar sobretot de tipus **deductiva** (o *top-down*) (Miles & Huberman, 1994).

A continuació, amb l'objectiu de millorar la **validesa de l'instrument d'anàlisi** i arribar a unes conclusions vàlides, es van posar a prova les categories, és a dir, es va millorar el grau amb el qual les categories servien per mesurar allò que preteníem mesurar (les pràctiques de modelització en les quals participen els alumnes). Això es va fer a partir de l'anàlisi de les discussions de grup enregistrades durant el curs 2014-15. En concret, es van aplicar els codis provisionals inspirats en la literatura de l'àmbit i es va veure com de productius eren en el nostre context, identificant si capturaven tots els fenòmens rellevants. Aquesta posada a prova va portar a una modificació i refinament de les definicions i noms de les categories fins que l'anàlisi va saturar.

Les categories definitives de **pràctiques de modelització** utilitzades estan incloses al marc teòric general de la tesi, i es detallen a continuació, indicant també el codi usat a l'anàlisi, la definició de la categoria i exemples extrets de les converses codificades (Veure Taula 18). Cal esmentar que, els exemples representatius de cada categoria (sense incloure tota la conversa o el context en el qual es donen) és difícil relacionar-los amb les categories. Això és perquè, tot i que hem analitzat la seqüència discursiva dels alumnes (un intervenció o frase, de vegades varies intervencions, o fins i tot un tros de discurs), per analitzar sempre hem tingut en compte el **context multimodal** (els gestos, les onomatopeies, els silencis, les expressions facials, els dibuixos que acompanyen, etc.) (Márquez, Izquierdo, & Espinet, 2003) i el **context de l'activitat** que s'està realitzant (l'experiment concret, la tasca encomanada, la demanda a la qual donen resposta, etc.). Per tant, cal tenir en compte que aquests extractes estan aïllats del seu context, i sense la informació multimodal comentada pot costar associar-los a les categories a les que serveixen d'exemple. Tot i així creiem que és important incloure'ls per donar una idea més concreta de a què ens referim amb aquella categoria.

Codi usat a l'anàlisi	Categoria (Pràctica de modelització)	Definició de la categoria (Descripció de la pràctica)	Exemples (Extractes de la transcripció)
1_USA	Utilitzar el model	Explicar o predir fenòmens o experiments concrets fent ús del model.	<i>"Part de l'oxigen de l'aigua s'ha anat amb l'efervescència"</i> (60:37) <i>"Quan el got està buit hi ha més empenta que quan està ple"</i> (43:14)
2_EXP	Expressar el model	Explicitar el model de manera més general que la situació específica, experiment o fenomen concret.	<i>"Si falta matèria, ja ha canviat la matèria, [...] és un canvi químic"</i> (60:43) <i>"L'empenta màxima que pot fer l'aigua és el volum total de l'objecte"</i> (43:16)
3_AVA	Avaluar el model	Analitzar el model qüestionant-lo, jutjant-lo o posant-lo a prova.	<i>"Però per què a nosaltres ens pesa més?"</i> (60:53) <i>"Però el volum aquí és el mateix. El que varia és el pes"</i> (43:17)
4_REV	Revisar el model	Modificar el model, sofisticant-lo o millorant aspectes inadequats per augmentar el seu poder explicatiu y predictiu.	<i>"Potser [ens pesa més] per la pressió que exerceix cap als costats el gas..."</i> (60:47) <i>"Empenyis el mateix. El que passa que no ho empenys tu, ho empeny el pes de l'aigua"</i> (43:19)

Taula 18: Categories de les practiques de modelització.

#### Categories dels nivells o versions dels models

El procés per definir els diferents nivells o versions dels models seleccionats (canvi químic i flotació) va ser un procés sobretot **inductiu** (o *bottom-up*), és a dir, que les categories establertes es van definir empíricament en base a les dades analitzades.

El primer pas va ser la definició d'unes **idees clau dels models científics escolars** (MCE), és a dir, aquelles idees clau dels models que es volen treballar a l'assignatura per tal que les incorporin els alumnes. Per això, ens vam basar en els MCE prèviament definits a l'assignatura, i els vam anar modificant al llarg dels tres anys de transformació de l'assignatura, a partir de la reflexió profunda i col·laborativa amb l'equip docent d'aquesta i de la revisió bibliogràfica sobre idees i principis clau del model de canvi químic (Izquierdo, Sanmartí, et al., 2007; Izquierdo-Aymerich, 2013) i de flotació (Couso, 2014, 2015; Ogborn, 2012; Radovanović & Sliško, 2013), tal i com ja s'ha explicat a l'Estudi 1 d'aquesta tesi.

A continuació es van integrar les idees de cadascun dels MCE en una explicació única que permetés descriure i interpretar fenòmens similars. Així es van definir i proposar unes possibles categories que formarien l'**ancoratge superior** de les progressions d'aprenentatge: el que nosaltres vam anomenar **MCE apropiats o desitjats** (models adequats que volem que els alumnes s'apropiïn i facin servir per explicar fenòmens d'un mateix tipus). A continuació, tenint en compte la literatura sobre idees prèvies i progressions d'aprenentatge d'aquests models i en base a una primera anàlisi de les discussions de grup i produccions de l'alumnat durant el curs 2014-15, es va fer una proposta d'**ancoratge inferior** d'aquests MCE apropiats, és a dir, el nivell més bàsic o menys sofisticat on es poden trobar els alumnes en relació a aquells models. Simultàniament, i en un procés llarg i ni lineal, es van anar definint les diferents versions, nivells o **passos intermitjos** del model, definint poc a poc les diferents progressions empíriques dels MCE escollits (canvi químic i flotació).

Les categories inicials provisionals (els diferents nivells del MCE apropiat) es van aplicar a les produccions escrites i les discussions de grup de l'alumnat del curs 2015-16. De manera iterativa, aquestes categories es

van anar **modificant** de diverses maneres: agrupant-les o disgregant-les, canviant-les completament o refinant alguns detalls, ampliant-les o reduint-les, incloent o extraient noves idees i exemples, i modificant el redactat, els noms o les fites definides per a cada nivell. Això es va anar fent fins que la codificació va saturar, és a dir, quan ja no hi havia situacions que no poguessin ser descrites per les nostres categories, ni categories que no descriguessin adequadament la situació. D'aquesta manera es va comprovar que les categories servien per mesurar allò que preteníem mesurar: una progressió d'aprenentatge empírica per a cada sub-model, validant així el nostre instrument d'anàlisi (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista-Lucio, 2006).

Al llarg d'aquesta modificació, cada MCE apropiat (canvi químic i flotació) es va dividir en diversos **sub-models**, per tal de diferenciar els sub-models de tipus més descriptiu (ex. sub-model macro de canvi químic) de sub-models de tipus interpretatiu (ex. sub-model micro de canvi químic) i per tal de donar visibilitat a les diferències identificades en l'anàlisi (ex. en el sub-model micro l'alumnat tenia simultàniament nivells diferents quan intentaven explicar el canvi físic i el canvi químic<sup>13</sup>). Seguint aquests criteris es van definir 5 progressions d'aprenentatge empíriques: tres pel MCE de canvi químic (macro, micro-físic i micro-químic) i dues pel MCE de flotació (densitat i forces). Les categories finals inclouen, 4 nivells de models per cada progressió d'aprenentatge, ordenats del menys sofisticat (nivell 1, ancoratge inferior) al més sofisticat (nivell 4, ancoratge superior, que correspon també al MCE apropiat). Els 4 nivells són el número que es va considerar adequat per no fer grups massa grans que incorporessin varies versions del model ni grups massa petits que es solapessin en algun aspecte del model. A la taula 19 mostrem el nom dels codis usats per l'anàlisi dels models dels alumnes, és a dir, el nom donat a cada nivell de la progressió d'aprenentatge empírica dels 5 sub-models identificats.

Nivell del model	Model canvi químic			Model Flotació	
	Sub-model Macro	Sub-model micro-físic	Sub-model micro-químic	Sub-model Densitat	Sub-model Forces
Nivell 4	<i>Canvi-M4</i>	<i>Canvi-mf4</i>	<i>Canvi-mq4</i>	<i>Flot-D4</i>	<i>Flot-F4</i>
Nivell 3	<i>Canvi-M3</i>	<i>Canvi-mf3</i>	<i>Canvi-mq3</i>	<i>Flot-D3</i>	<i>Flot-F3</i>
Nivell 2	<i>Canvi-M2</i>	<i>Canvi-mf2</i>	<i>Canvi-mq2</i>	<i>Flot-D2</i>	<i>Flot-F2</i>
Nivell 1	<i>Canvi-M1</i>	<i>Canvi-mf1</i>	<i>Canvi-mq1</i>	<i>Flot-D1</i>	<i>Flot-F1</i>

Taula 19: Nom dels codis de les progressions d'aprenentatge empíriques.

El fet que aquestes categories s'hagin anat construint sobretot en base a dades empíriques (anàlisi inductiva) fa que les puguem considerar en si mateixes com un resultat d'anàlisi, en concret les progressions d'aprenentatge empíriques, i com una aportació a la teoria. És a dir, ens situem en el marc de la **teoria fonamentada** (o *grounded theory*) (Glaser & Strauss, 1967), en el qual es considera que es genera teoria de manera fonamentada i arrelada a les dades. Això té com a conseqüència que les definicions d'aquestes categories, en ser part dels resultats de recerca (les progressions d'aprenentatge empíriques) no es presenten en aquest apartat de metodologia (a diferència de les categories de modelització i de mecanismes), sinó que s'inclouen al primer apartat de resultats sobre models (apartat 5.3.1.).

<sup>13</sup> Es va dividir el nivell microscòpic del canvi químic en dos de diferents perquè es va identificar que per al sub-model micro l'alumnat podia tenir simultàniament idees de nivells molt diferents en relació al canvi físic i en relació al canvi químic. Per tal de donar visibilitat a aquesta diferència i poder establir uns nivells del sub-model micro adequats per a cada canvi, es va disgregar el sub-model micro en dues progressions d'aprenentatge diferents (una del canvi físic i una del canvi químic).



### Categories dels mecanismes d'influència didàctica

En aquest cas, vam voler identificar només aquells mecanismes d'influència didàctica orientats a l'activitat de modelització, amb l'objectiu d'identificar les possibles causes o detonants que fan que els alumnes s'involucrin en una pràctica de modelització concreta o que evolucionin en el seu model. En canvi, no vam centrar-nos en identificar altres mecanismes promotors d'altres aspectes igualment interessants, com l'autonomia, etc. (Jiménez Bargalló, 2016).

El procés de definició de les categories va ser complex i llarg. La primera versió de categories es va construir de manera **inductiva** (o *bottom-up*), induint-les a partir de l'anàlisi de les discussions de grup del curs 2014-15. Les primeres categories temptatives es van aplicar en les dades del curs següent (curs 2015-16), identificant si eren productives i capturaven tots els fenòmens rellevants (comprovació de la validesa de l'instrument) (Hernández-Sampieri et al., 2006). Simultàniament, es van anar re-formulant i modificant les categories mitjançant la incorporació d'altres aspectes i vocabulari específic de la **literatura** relacionada amb el rol del professorat en la instrucció centrada en models i modelització, o amb el tipus de regulació i els mecanismes usats pel professorat o pels propis alumnes a l'aula de ciències (Aliberas et al., 2013; Bybee et al., 2006; Campbell et al., 2012, 2016; Clement, 2008b; Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012; Custodio, Márquez, & Sanmartí, 2015; Edwards & Mercer, 1988; Jiménez Bargalló, 2016; Justí, 2009; Khan, 2007; Smith et al., 2010). Les categories es van anar posant a prova en l'anàlisi i es van anar modificant segons la seva utilitat per descriure adequadament les dades obtingudes: agrupant-se i disgregant-se, creant-se noves categories i eliminant-se d'altres, i finalment refinant les definicions de cada categoria fins que la codificació es va saturar.

Les categories finals es van agrupar en les diferents pràctiques de modelització segons quina pràctica promouen predominantment (expressar/usar el model, avaluar el model o revisar el model) o en aquelles genèriques o generals (que no promouen específicament cap pràctica de modelització). El nombre total de categories va ser 16: 2 generals, 3 d'expressar/usar el model, 2 d'avaluar el model i 9 de revisar el model. Les categories definitives dels **mecanismes d'influència didàctica** utilitzades a l'anàlisi es detallen a la Taula 20, indicant el nom de la categoria, la definició d'aquesta i exemples curts de les converses codificades.

D'altra banda, també es va voler identificar si els mecanismes estaven sempre promoguts pel professorat o bé pels companys o fins i tot per la tasca dissenyada. En aquest sentit, es van definir 3 possibles responsables de promoure o utilitzar els mecanismes d'influència didàctica: la pròpia tasca, el professorat o l'alumnat, que es defineixen a continuació:

**Tasca:** mecanismes promoguts pel docent indirectament i de manera deliberada, a través del propi disseny de la seqüència (ex. la pregunta inclosa al dossier).

**Professorat:** mecanismes promoguts pel docent quan intervé oralment en algun moment de l'activitat (ex. el comentari o pregunta que fa el professor a un grup per ajudar-los a avançar en el model).

**Alumnat:** mecanismes promoguts espontàniament pels propis alumnes (regulació entre iguals) al llarg de la discussió (ex. comentari o pregunta que fa un alumne a un company del grup per intentar convèncer-lo d'alguna cosa).

Fase de la seqüència	Mecanismes d'influència didàctica orientats a la construcció de models		
	Categoria (Nom dels mecanismes)	Definició de la categoria (Descripció dels mecanismes)	Exemples (Extractes de la transcripció)
Generals	<b>1.1. Demanda de la opinió pròpia</b>	Demandar o donar la opinió pròpia sobre la tasca. Es fa èmfasi en voler saber i expressar la opinió personal de manera sincera.	"Com ho esteu fent? Jo no ho sé fer" (40:26) "Com us va?" (42:14)
	<b>1.2. Connexió d'aprenentatges</b>	Connectar la tasca o demanda actual amb les experiències de classe passades (Bybee et al., 2006)	"no, ella [professora] abans ha dit que és un canvi químic" (40:17) "l'empenta era la mateixa perquè l'espai del got era el mateix ocupat. Aquí no és el mateix; un està meitat..." (54:5)
Expressar / usar model	<b>2.1. Demanda d'usar model</b>	Demandar l'ús del model per predir o explicar un fenomen/experiment a través d'una pregunta clau ( <i>leading question</i> ) (Clement, 2008b).	"jo estic pensant en forces. Què coi està passant?" (55:11) "on estava aquest gas abans de fer la reacció?" (60:58)
	<b>2.2. Demanda d'expressar model</b>	Demandar la representació gràfica/numèrica/esquemàtica/analògica del model, és a dir, expressar el model.	"Com t'imagines "per dins" un canvi fort (químic) i un canvi feble (físic)? Què canvia en cada cas a nivell de partícules?" (40:1)
	<b>2.3. Destacament d'idees rellevants del model</b>	Ressaltar idees importants/rellevants pel model ( <i>stepping Stones</i> ) (Smith et al., 2010) respecte idees anecdòtiques/irrellevants.	"El got és qui rep les forces. L'aire el deixem estar. Si volem considerar que el got té un pes... però en aquest cas, per això hem escollit un got de plàstic. Pràcticament el negligim, el pes. Ara no el tenim en compte, perquè el que estem pensant és en fer un forat a l'aigua." (56:15)
Avaluar model	<b>3.1. Qüestionament del model</b>	Promoure una relació dialògica entre el model i el fenomen (Jiménez Bargalló, 2016), qüestionant si el model coincideix amb el comportament real del fenomen ( <b>correspondència</b> ) o si explica comportaments imprevistos o altres fenòmens semblants ( <b>robustesa</b> ) (Aliberas et al., 2013). És a dir, qüestionar si les idees del model són <b>productives</b> per explicar el fenomen, i no tant si són correctes (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012).	
		- remarcant/demanant els límits del model	"la força que fa el got i la de l'aigua sempre és la mateixa?" (59:12) "aquí [quan està ple d'aigua] també [està en equilibri], no?" (58:3)
		- remarcant/demanant les proves que donen suport al model	"Però no crema...[la benzina]" (42:4) "se n'ha anat, l'aire de l'ampolla?" (60:38) "És una cosa molt diferent a lo que era abans?" (40:19)
		- mostrant un desajust entre les proves/fenomen i el model (Justi, 2009).	"heu posat que està en equilibri? Però es mou una mica, no?" (58:8) "I per què no s'enfonsa, si la teva [força] guanya? Fes-ho." (57:7)
		- demanant l'explicació del nou fenomen	"Però per què costa més [enfonsar el got]?" (43:2) "i com s'explica que com més baixem, més costa...?" (55:7) "Creieu que ha desaparegut, aquesta massa?" (60:44)
	<b>3.2. Demanda o aportació d'altres dades</b>	Proposar un <b>experiment mental</b> (Justi, 2009) per seguir pensant o qüestionant si les idees del model es compleixen en altres situacions o anar ampliant els fenòmens explicats pel model.	"Si hi poses pedres a dins del got, també s'enfonsa?" (55:22) "Si tu només vols desplaçar aigua fins aquí, ompliries fins aquí" (63:18)
		Demandar o proposar un <b>fenomen quotidià</b> per trobar-li una explicació en base al model o per comparar-lo amb el fenomen de classe.	"Tu quan engegues el motor, es crema la benzina?" (42:1) "Això és com la pilota, que costa cada vegada més baixar-la" (55:3)
Comparar <b>fenòmens paradigmàtics treballats a classe</b> per ser similars amb el fenomen en qüestió i remarcar o qüestionar les semblances i diferències, per poder pensar si el model ho explica.		"I quan cremem fusta, que surt CO2?" (42:15) "es com la sal, que es fica dins de l'aigua, s'uneix i no es forma res nou" (60:21)	

Revisar model	<b>4.1. Promoció de la divergència</b>	Promoure la divergència en general, que habitualment es fa a través d'una pregunta o afirmació discrepant ( <i>discrepant question</i> ) (Clement, 2008b)	" <i>què creieu? Què en penses, d'aquesta resposta?</i> " (59:4) " <i>doncs jo he posat físic [no químic]</i> " (39:8)
	<b>4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació</b>	Demandar refinar, detallar, especificar, aprofundir o aclarir les explicacions o expressions del model (en unes altres paraules, amb més detalls o aspectes, etc.)	" <i>Com has dit això, les partícules de gas...?</i> " (61:9) " <i>exactament, qui fa aquesta força?</i> " (43:32) " <i>Després de veure la reacció, podries dir què era exactament la massa que faltava en l'ampolla oberta?</i> " (60:66)
	<b>4.3. Re-enfocament en l'objectiu</b>	Re-enfocar en l'objectiu, fenomen o pregunta clau, per tal de no perdre's en altres preguntes que puguin aparèixer al llarg de l'experiment o activitat.	" <i>aquí heu d'explicar en termes de forces. No us lieu amb densitats encara</i> " (43:13) " <i>ja però, [la tasca demana] on estava aquest gas, abans de la reacció?</i> " (60:62)
	<b>4.4. Introducció d'idees noves</b>	Introduir idees noves del model (equivalents o més sofisticades), les quals poden haver sortit abans o no, però en la situació concreta són noves idees teòriques que no s'estaven tenint en compte (Campbell et al., 2012) i que poden generar connexions significatives (Campbell et al., 2016)	" <i>només el canvi de color... no per això és un canvi físic.</i> " (39:13) " <i>l'empenta no té perquè ser sempre la mateixa. Hem dit que abans quan enfonsava el got fins la meitat, em feia força fins la meitat. I aquí, em fa més empenta</i> " (43:28)
	<b>4.5. Ús d'analogies</b>	Fer ús d'analogies per exemplificar, explicar o entendre alguna idea, fenomen o aspecte del model.	" <i>Això [les partícules] és com els píxels. Talles just quan s'acaba el píxel</i> " (40:5)
	<b>4.6. Comparació d'expressions del model</b>	Promoure la comparació (identificant similituds i diferències) entre diferents expressions del model (dibuixos, esquemes,...) per anar negociant significats, identificant els límits, contradiccions, etc. (Clement, 2008b).	" <i>què varia per tu [entre un dibuix i un altre]? Explica-ho</i> " (59:7) " <i>Però quina diferència hi ha entre un dibuix i un altre?</i> " (53:1)
	<b>4.7. Anàlisi de la completesa del model</b>	Analitzar del model (Custodio et al., 2015):	
		- la pertinència (si el model té coherència i lògica des del sentit comú i visió científica), com preguntant "Què falla amb això?" (Khan, 2007).	" <i>però [cal que] comparem forces amb forces i volums amb volums</i> " (43:34)
		- la precisió (si les paraules o dibuixos no són ambigües, imprecises ni donen lloc a confusió), per reformular-lo (Campbell et al., 2012)	" <i>ho has dibuixat així perquè no s'entengui i ens quedem amb el dubte?</i> " (54:2)
- el volum de coneixements (si hi ha tota la informació necessària per entendre l'explicació o expressió del model)		" <i>Està aquí tot dibuixat?</i> " (42:16)	
	- la completesa (si es relacionen les idees amb els fets de manera explícita, completa i resistint objeccions).	" <i>per què dieu això? que l'empenta és el pes del volum d'aigua que se submergeix?</i> " (43:35) " <i>la força que fa el got i l'aigua és sempre la mateixa?</i> " (59:12) " <i>modifica el teu dibuix segons el que has dit per tal que el dibuix digui: ara ja explica el que vull dir</i> " (59:10)	
<b>4.8. Promoció de la convergència</b>	Promoure la convergència d'idees per tal d'anar consensuant unes idees en comú, a través d'una pregunta o afirmació que busca trobar aspectes comuns.	" <i>en què hem quedat, al final en això?</i> " (43:26) " <i>però estaries d'acord que amb més aigua tenim més empenta i més pes?</i> " (54:8) " <i>arribem a un acord, va. Vots a favor. Vots en contra</i> " (60:16)	
<b>4.9. Ús de la base d'orientació</b>	Fer/proposar preguntes d'aplicació del model ordenadament (recordant la base d'orientació, és a dir, les preguntes que t'has de fer quan vols explicar un fenomen amb un model).	" <i>Anem per parts. Quines forces hi ha, aquí? Ens hem de fer les preguntes en ordre</i> " (57:11) " <i>Utilitzant la base d'orientació, analitza les situacions</i> " (53:1 i 58:1)	

Taula 20: Categories dels mecanismes d'influència didàctica.

### 5.1.5.2. Codificació i establiment de les unitats d'anàlisi

Tal i com ja s'ha esmentat, l'anàlisi realitzada no ha requerit de transcripció de tot el temps de vídeo analitzat, sinó únicament dels fragments imprescindibles per posar exemples a les categories i per mostrar l'anàlisi qualitativa realitzada en episodis interessants. A través del programa d'anàlisi qualitatiu *Atlas.ti* hem pogut codificar les dades directament en els documents de vídeo i de text, la qual cosa ens ha permès tenir en compte la multimodalitat de la discussió (és a dir, analitzar tenint en compte altres característiques que van més enllà d'allò que diuen els alumnes amb paraules).

En el nostre cas, vídeos i textos no es van analitzar separatament amb diferents criteris o mètodes, sinó que els dos tipus de dades es van analitzar utilitzant els mateixos codis, amb la mateixa unitat d'anàlisi i amb el mateix programa d'anàlisi. Això és perquè les nostres preguntes de recerca sobre models (secció on s'han utilitzat dades escrites a més de les audiovisuals) no estan enfocades a distingir els dos tipus de dades, sinó que aquestes ens donen informació complementària en relació al model de l'alumnat, ja sigui expressat/utilitzat oralment o per escrit.

En primer lloc es va definir la nostra **unitat d'anàlisi** (el que correspon a una "cita" en el programa *Atlas.ti*) per determinar la pràctica de modelització i el model dels alumnes participants. En el nostre cas hem definit la unitat d'anàlisi com el segment de discussió o de text escrit (que pot ser una frase, un paràgraf, un dibuix, una intervenció o varies, d'un alumne o varis) on l'alumnat no canvia ni de nivell del model ni de pràctica de modelització. Aquesta unitat tan petita té avantatges i limitacions. D'una banda, permet veure realment la variabilitat a escala molt "micro" i identificar totes les variacions i patrons que passen al llarg de la discussió, la qual cosa no es podria fer si la unitat fos més general o gran. Ara bé, la limitació de fer-ho tan a petita escala és el fet que és difícil posar una etiqueta a una sola frase o intervenció, ja que també influeix el context més general (la tasca que s'està resolent, l'experiment que s'està duent a terme, etc.) i el context més concret i proper (el model expressat/usat uns moments abans, la cara de la companya en fer la pregunta, etc.). De vegades, tal i com s'ha explicat en l'apartat anterior a la definició de categories de modelització, hi ha frases aïllades que semblen no tenir sentit per si soles, però quan s'escolten en el context real visualitzant el vídeo, sí que tenen sentit i es pot identificar si la persona està increpant o qüestionant, si està segura o dubta, si fa cara o gestos, etc.

Per posar un exemple on es vegi això, la cita 43:17 és la intervenció de l'alumna C11 quan diu: "*Però el volum aquí és el mateix. El que varia és el pes*" i està codificada com "avaluació del model" (AVA) i com a nivell 3 del sub-model flotació en termes de forces (*Flot-F3*). Tot i que pot semblar que aquesta intervenció tan curta no és suficient per dir que aquesta alumna està avaluant el model (ja que simplement comenta unes dades) o que té un nivell del model concret (ja que no diu res del seu model), quan coneixem el context podem entendre per què s'ha codificat d'aquesta manera. En primer lloc, les alumnes es troben realitzant un experiment on submergeixen un got fins a la mateixa profunditat però van variant la quantitat d'aigua que hi posen a dins i la força feta amb les mans. En el context més concret, s'està discutint entorn el valor de l'empenta en cada situació, entre una companya que afirma que l'empenta és major en el cas del got ple d'aigua, i una altra (C11) que afirma que és la mateixa en els dos casos. Just abans de la intervenció, la companya diu "*No, perquè hem dit que l'empenta màxima que pot fer l'aigua és el volum total de l'objecte*" (idea teòrica correcta). És en aquest moment quan l'alumna C11 la increpa, aportant unes dades concretes de l'experiment en el qual es troben (que el volum submergit és el mateix, tot i que el pes no) que demostren que, si bé accepta que l'empenta màxima que pot fer l'aigua és el volum total de l'objecte, el que no veu la seva companya és que en l'experiment en qüestió el volum submergit és el mateix en els dos casos i per tant l'empenta també ho serà. Quan parla, l'alumna C11 es queda mirant a la seva companya en espera d'aprovació, com preguntant si està d'acord. En conèixer tota la conversa,

podem concloure que el model de flotació que té l'alumna C11 en aquella cita és el nivell 3 en termes de forces (perquè té idea d'equilibri però no és nivell 4 perquè no deixa clara la naturalesa de les dues forces) i que amb la seva intervenció està avaluant el model de la seva companya (perquè relaciona la idea teòrica amb les dades i la qüestionada).

D'altra banda, mencionar que una codificació a escala tan petita **en relació als models** té limitacions concretes, ja que evidentment quan etiquetem a algú en un model no es pot assumir que l'alumna té aquell model complert al cap, és a dir, que tingui clares totes les idees que conformen aquell model. En primer lloc, perquè no podem saber què té realment una persona al cap, ja que allò que volem categoritzar són models teòrics explicatius del món, i no maquetes o simulacions que serien més fàcilment analitzables. I en segon lloc, perquè analitzem el discurs oral real, espontani, caòtic i complex que succeeix al llarg d'una conversa i, conseqüentment, no totes les idees s'expressen o es poden capturar amb una gravació d'una conversa (o en un text/dibuix). Per tant, s'haurà de tenir en compte que quan etiquetem a una persona en un nivell del model o un altre voldrà dir que quan parla (o escriu), en aquell moment, *està expressant o usant idees pròpies d'aquell nivell del model* i no tant que *té* aquell nivell del model al cap, tot i que en diferents moments dels resultats generalitzem afirmant que *es troba* en aquell nivell del model. Com els alumnes només expressen algunes idees del model, en els casos on es dona un conflicte entre idees de diferents nivells, etiquetem segon l'aspecte o idea més important d'aquell model (per exemple, en el model de flotació-forces, regeix la idea d'equilibri i desequilibri), la qual cosa, tot i també tenir limitacions evidents (per exemple, etiquetar en un nivell 2 a algú que té una idea de desequilibri tot i que pugui tenir una visió més sofisticada de l'empenta que seria propi d'un nivell 3), és inevitable en un tipus d'anàlisi tan micro i específic com aquest.

És important aclarir que la **unitat d'anàlisi per determinar els mecanismes d'influència didàctica** no va ser la mateixa que l'usada per determinar les pràctiques de modelització i els models. Això és perquè un mecanisme utilitzat en un cert moment podia engegar una activitat que inclogués diverses pràctiques o models consecutivament. En aquest cas la unitat d'anàlisi va ser cada vegada que es donava un nou mecanisme d'influència didàctica que engegava una activitat científica escolar de modelització (és a dir, alguna pràctica de modelització per construir algun model). Per tant, cada vegada que s'identificava un nou mecanisme, s'etiquetava aquella cita amb el codi del mecanisme, i les cites a continuació no s'etiquetaven amb cap mecanisme (a no ser que es donés un nou mecanisme), perquè es considerava que estan sota la influència d'aquell mecanisme. Si un mecanisme qualsevol es tornava a donar seguit del mateix mecanisme (per exemple, si una alumna qüestionava el model, es donava una conversa entre les companyes i a continuació tornava a qüestionar el model), només es codificava la primera vegada.

A conseqüència d'aquestes dues unitats d'anàlisi (diferent per modelització i models que pels mecanismes), trobem segments de vídeo amb varies cites on es codifica la pràctica i el model, i només a la primera es codifica el mecanisme d'influència didàctica, ja que totes les cites a continuació estan sota la influència d'aquell mecanisme en qüestió.

Cal aclarir que només els documents audiovisuals es van codificar amb els codis de les 3 dimensions (modelització, models i mecanismes). En canvi, els documents escrits només van ser codificats amb els codis de la dimensió models, ja que els altres dos (modelització i mecanismes) són de caràcter només interpsicològic (Onrubia, 1993), i per tant només es poden identificar en l'anàlisi de l'activitat on operen (és a dir, a la discussió) i no en una producció escrita.

A més a més, es van codificar altres aspectes que no formen part del nostre sistema de categories però que són necessaris per l'anàlisi posterior. En primer lloc, associat a la pràctica de modelització i els models, vam també codificar quina o quines alumne(s) es trobaven en aquell model o s'involucraven en aquella pràctica

de modelització. En segon lloc, associat al mecanisme d'influència didàctica, es va codificar el responsable d'aquell mecanisme, és a dir, qui utilitzava o promovia aquell mecanisme (la tasca, el professorat o l'alumnat).

En la codificació, doncs, a cada unitat d'anàlisi o cita se li va atribuir un conjunt de codis. D'una banda a cada cita se li va atribuir un codi per la pràctica de modelització (ex. *1\_USA*, *2\_EXP*,...) i un codi pel nivell del model<sup>14</sup> (ex. *Flot-D1*, *Flot-D2*, *No\_Flot-D2*...). Algunes de les cites (quan correspongués, segons la unitat d'anàlisi) també es van etiquetar pel mecanisme (ex. *2.1. Demanda d'usar model*, *3.1. Qüestionament del model*,...). A més a més, es van codificar els altres aspectes que no formaven part del sistema de categories: en cada cita es va indicar l'alumne(s) que intervenia (ex. *C11*, *C12*,...), i en les cites on s'etiquetava un mecanisme, també s'indicava el responsable d'aquell mecanisme (*Tasca*, *Prof* o *Alum*). A la taula 21 es mostren els codis utilitzats en cada cita: un mínim 2 codis (nivell del model + alumna, o pràctica de modelització + alumna), i sense un màxim de codis, ja que es podien etiquetar en una cita varis sub-models (per ex. *Flot-D1* i *Flot-F2*), vàries alumnes intervenint (per ex. *C11* i *C14*) i varis mecanismes (per ex. *1.1.* i *2.2.*)

Dimensions (o famílies de codis)										
Codis	Pràctica de modelitz.	Nivell del model (per cada sub-model)				Alumna		Mecanisme d'influència didàctica	Responsable	
	<i>1_USA</i>	<i>Canvi-M4</i>	<i>Canvi-mf4</i>	<i>Canvi-mq4</i>	<i>Flot-D4</i>	<i>Flot-F4</i>	<i>C11</i>	<i>B21</i>	<i>1.1. Demanda de la opinió pròpia</i>	<i>Tasca</i>
<i>2_EXP</i>	<i>Canvi-M3</i>	<i>Canvi-mf3</i>	<i>Canvi-mq3</i>	<i>Flot-D3</i>	<i>Flot-F3</i>	<i>C12</i>	<i>B22</i>	<i>1.2. Connexió d'aprenentatges</i>	<i>Prof</i>	
<i>3_AVA</i>	<i>Canvi-M2</i>	<i>Canvi-mf2</i>	<i>Canvi-mq2</i>	<i>Flot-D2</i>	<i>Flot-F2</i>	<i>C13</i>	<i>B23</i>	<i>2.1. Demanda d'usar model</i>	<i>Alum</i>	
<i>4_REV</i>	<i>Canvi-M1</i>	<i>Canvi-mf1</i>	<i>Canvi-mq1</i>	<i>Flot-D1</i>	<i>Flot-F1</i>	<i>C14</i>	<i>B24</i>	....		
						<i>C15</i>		<i>4.9. Ús de la base d'orientació</i>		

**Taula 21:** Dimensions o famílies de codis utilitzats per codificar.

A mode d'exemple visual de l'anàlisi realitzada, a la Figura 20 mostrem una imatge representativa (una captura de pantalla) de la codificació feta amb el programa *Atlas.ti*. Al centre s'observa la imatge estàtica del vídeo analitzat on es veuen 3 alumnes del grup 2 discutint entorn un experiment del seminari de flotació. Just a sobre de la imatge es troba l'administrador de cites amb la llista de cites per aquell fragment de vídeo (ex. *53:1*, *53:2*, etc.) amb el nom dels codis atribuïts a cada cita (ex. *2\_EXP*, *Flot-F2*, *B2-1*, *B2-3*, *3.1. Qüestionament del model*, *Alumne*), la mida d'aquella cita (ex. *0:00:22.70*) i l'inici de la cita, és a dir, en quin minut i segon s'inicia aquella cita (ex. *00:01:54.79*). A la dreta de la imatge es troba la línia del temps amb la llargada que té cada cita i els codis que s'atribueixen a cadascuna.

<sup>14</sup> En les ocasions on una alumna directament negava una idea d'un nivell del model, es codificava amb el codi del nivell precedit d'un "No\_" (ex. *No\_Flot-D2*)



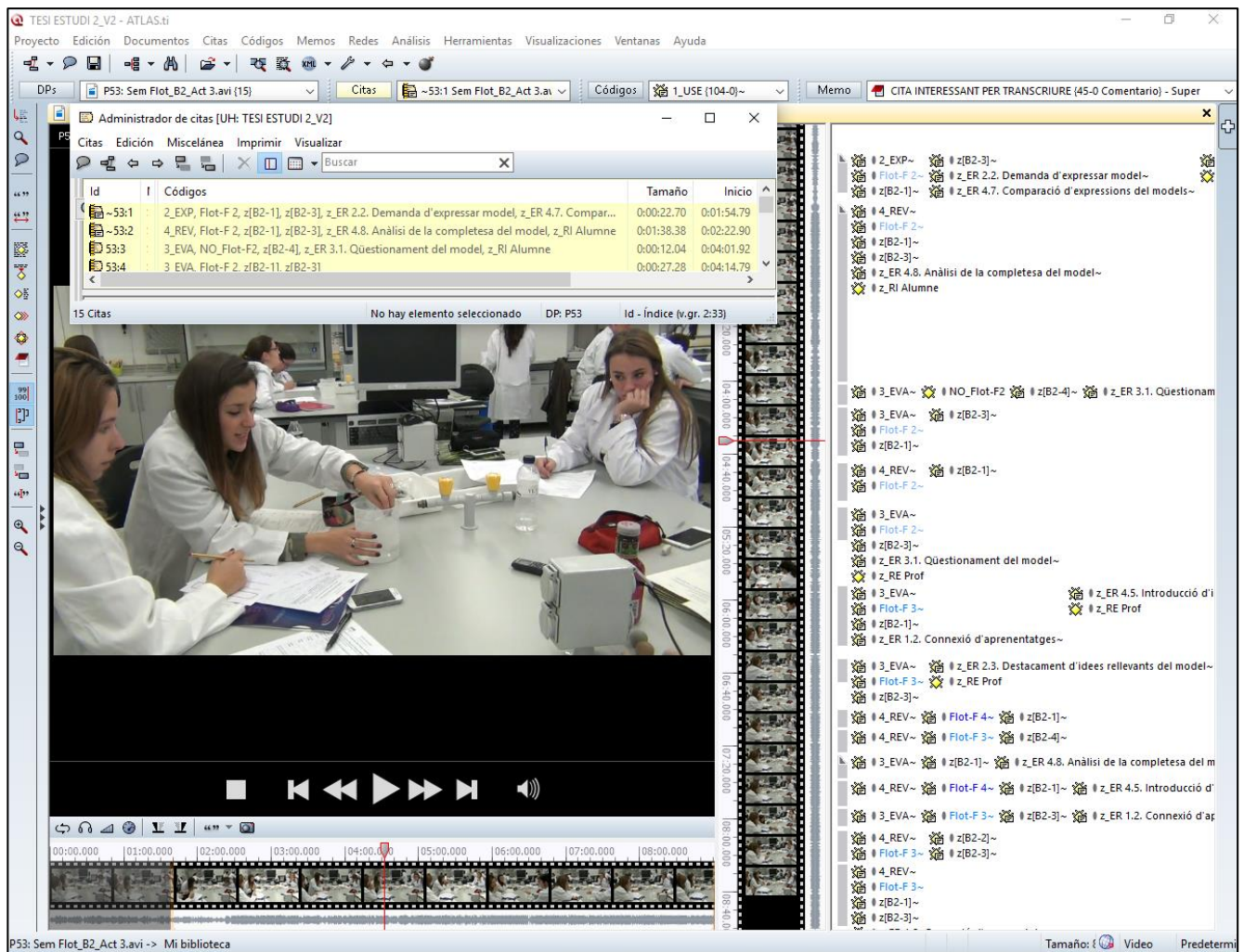


Figura 20: Imatge representativa de la codificació amb del programa *Atlas.ti*.

### 5.1.5.3. Confiabilitat

Tal i com s'explica als apartats de "Definició de les categories" (apartat 5.1.5.1.), aquesta codificació es va anar revisant i modificant amb l'equip de recerca en múltiples ocasions (de manera iterativa) fins que els codis van saturar, buscant donar validesa a l'anàlisi realitzada. Aquesta validació es va buscar contextualment (professora i alumna de l'assignatura), internament (investigadores d'aquest estudi) i externament (un altre equip investigador). En els tres casos, les diferències en els codis assignats es van resoldre a través de la discussió (Louca et al., 2011).

Per assegurar més validesa contextual a l'anàlisi (que tingués sentit pels propis participants) primer es va fer una revisió de les categories fruit de la discussió i anàlisi amb altres participants de l'estudi (una professora de l'assignatura i una alumna participant del curs 2014-15), les quals van col·laborar verificant l'adequació d'algunes categories i els criteris de codificació.

Així mateix, aquesta validació es va fer amb l'equip de recerca (directora de tesi), discutint en profunditat les situacions problemàtiques o difícils de codificar, analitzant i revisant categories poc clares, massa generals o específiques (que incloïen massa o massa poc), etc., adequant en conseqüència les definicions i modificant els codis i l'anàlisi en múltiples ocasions (iterativament).

A més a més, per tal de donar confiabilitat de l'instrument d'anàlisi a través d'uns "ulls frescos" i externs a la investigació però alhora prou propers al nostre àmbit com per situar-se en el mateix marc teòric i



metodològic que nosaltres, es va demanar la col·laboració a una investigadora en didàctica de les ciències del nostre departament (UAB) i a dues investigadores externes de la *Universidad de Almeria* (UAL). Aquestes investigadores són expertes en didàctica de les ciències i concretament en l'ensenyament de la química i en la indagació basada en models. L'autora de la tesi doctoral va poder realitzar una estada i col·laboració a la UAL durant dues setmanes, la qual cosa va permetre fer aquesta revisió i triangulació de manera personal i en profunditat. Per tal de realitzar la triangulació es va fer una selecció aleatòria de 3 vídeos i es va demanar a les investigadores externes analitzar-los segons les dimensions d'anàlisi prèviament revisades amb l'equip de l'assignatura i de recerca. La confluència va ser molt elevada segons l'anàlisi qualitativa de dades (Miles & Huberman, 1994) i no va haver-hi gaires diferències que impliquessin una modificació de les categories establertes, tot i que va ser necessari explicitar els motius de codificació en els pocs casos en que no hi va haver confluència.

#### 5.1.5.4. Anàlisi de les dades

A partir de la codificació de tots els documents de vídeo i text es va procedir a analitzar els resultats obtinguts. Per donar resposta a les diferents preguntes de recerca, en ocasions es va realitzar una anàlisi més qualitativa i en ocasions més quantitativa, però en tots els casos les dades analitzades eren de tipus qualitatiu, ja que les dades contenen el contingut concret del qual es parla o s'escriu, i no el nombre de vegades que succeeix o es diu una cosa. En primer lloc es va realitzar una anàlisi qualitativa per fase o moment per veure quins patrons de modelització i models es donaven en cada discussió. En segon lloc, es va fer una anàlisi quantitativa al llarg de la seqüència, amb l'objectiu de fer un "zoom out" o visió més global d'evolució de la modelització i dels models. Per últim, es va fer una anàlisi qualitativa interpretativa per episodis concrets, amb l'objectiu de fer un "zoom in" o visió més concreta de les discussions que ens permetés donar compte de la complexitat de l'activitat de modelització i identificar l'efecte dels mecanismes d'influència didàctica més importants.

Abans d'iniciar els diferents tipus l'anàlisi, el primer pas va ser exportar la codificació feta amb el programa *Atlas.ti*, concretament del llistat de cites ordenades cronològicament per cada document analitzat (a través de la funció "Imprimir -> obrir en explorador Web" de l'Administrador de cites, havent filtrat pel Document primari), i es va introduir aquesta informació en un document d'*Excel*, deixant únicament el nom de cada cita (ex. 57:01, etc.), els codis per cada cita, la mida de la cita (el temps que dura) i l'inici de cada cita (el minut i segon en què s'inicia).

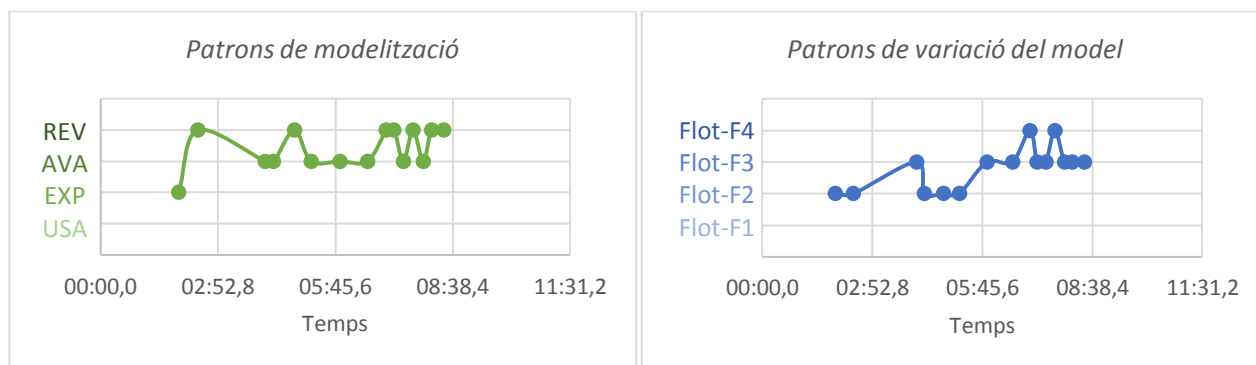
Pels dos primers tipus d'anàlisi realitzats (Anàlisi per fase o moment i Anàlisi al llarg de la seqüència) es van analitzar els dos grups seguits (G1 i G2). En canvi, per l'últim tipus d'anàlisi (Anàlisi per episodi) es va escollir un dels dos grups per cada episodi.

#### Anàlisi per Fase o Moment

En primer lloc es va fer una **anàlisi qualitativa de dades qualitatives** audiovisuals, per tal de conèixer els **patrons de modelització i de variació del model** dels futurs mestres a les discussions (preguntes de recerca 2.1.2. *Quins patrons de modelització es donen en les discussions entre els futurs mestres en cadascuna de les fases?* i 2.2.3 *Quins patrons de variació del model es donen en moments concrets de discussió entre els futurs mestres?*).

Per fer-ho, una vegada ordenada la informació de les cites en cel·les diferenciades d'un full d'*Excel*, es va utilitzar únicament la informació referent als codis de pràctiques de modelització, els codis de nivells dels models i de l'inici de cada cita, de manera que vam obtenir un llistat cronològic d'aparició de pràctiques de modelització i de nivells dels models amb el minut i segon exacte en el qual apareixien. A partir d'aquí, es van crear uns tipus de gràfics temporals: un de variació de les pràctiques de modelització i un de variació

dels nivells del model, on l'eix de les X correspon al temps i l'eix de les Y correspon a cada categoria analitzada: en el cas de la modelització, les 4 pràctiques de modelització (usar, expressar, avaluar i revisar), i en el cas dels models, els 4 nivells del sub-model en qüestió (ex. Flot-F1, Flot-F2, Flot-F3 i Flot-F4). En el cas que una discussió inclogués més d'un sub-model, els 4 nivells de cada sub-model es van col·locar a sobre dels anteriors al mateix eix Y. Aquest tipus de gràfic és similar a altres ja presents a la literatura de models i modelització (Louca et al., 2011), on representen en un gràfic temporal l'aparició de diferents ítems en relació al discurs de modelització. A diferència d'aquests gràfics, on els ítems que no tenen un valor o grau diferenciat, en el nostre cas atribuïm als diferents ítems (les 4 pràctiques o els 4 nivells) un valor o grau diferenciat (que és més evident en el cas dels models que en el cas de la modelització) que ens permet ordenar-los de menys a més complexitat en l'eix de les Y (ja que per exemple, la pràctica de revisió és considerada més complexa que la d'ús del model, i el nivell 4 del model és considerat més complex que el nivell 1). En els gràfics, a més, unim els punts obtinguts amb una línia corba, de manera que això ens permet identificar patrons (de creixement, de decreixement, de repetició, etc.), degut a que a nosaltres ens interessa veure com evoluciona la modelització i els models. A la figura 21 es mostren dos exemples d'aquest tipus de gràfic, en relació als patrons de modelització (esquerra) i en relació als patrons de variació del model (dreta).



**Figura 21:** Exemples de gràfics de patrons de modelització i de variació del model.

En el cas dels patrons de modelització, aquest tipus d'anàlisi es va fer per cada fase (F2, F3...), i en el cas de l'anàlisi dels patrons de variació, per cada moment de discussió (M1, M2, M3...) segons s'ha establert a la Figura 19 de l'apartat "Selecció de dades analitzades segons cada objectiu de recerca" (apartat 5.1.4.2.).

#### Anàlisi al llarg de la seqüència

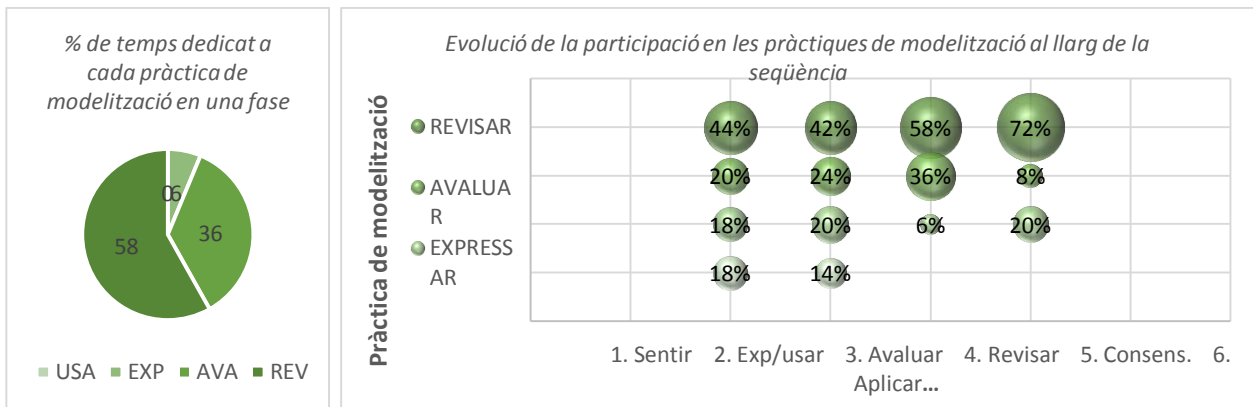
Per tal de respondre a la primera pregunta del primer objectiu (2.1.1. *Com evoluciona la participació dels futurs mestres en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència instruccional?*) i a la segona pregunta del segon objectiu (2.2.2. *Com evoluciona el model dels futurs mestres al llarg de la seqüència instruccional?*) es va fer una **anàlisi quantitativa de dades qualitatives**. Per això, es van utilitzar les mateixes dades audiovisuals que a l'anàlisi anterior i es van afegir, per l'anàlisi dels models (segon objectiu), les dades de text. Per tant, en aquest cas es van analitzar totes les fases i tots els moments seleccionats, amb l'intent de fer una anàlisi més general d'evolució o "zoom out".

L'anàlisi va ser diferent per la modelització i pels models, ja que en el primer cas volíem identificar el *percentatge de temps* dedicat a cada pràctica de modelització (al llarg de les fases de la seqüència), mentre que en el cas dels models, volíem conèixer el *percentatge d'alumnes* que es trobaven en cada nivell del model (al llarg dels moments de la seqüència).

Per l'anàlisi de la modelització es va realitzar la mateixa exportació de la codificació del programa *Atlas.ti*, però utilitzant-se ara només la informació referent als codis de pràctiques de modelització i la mida de la

cita (el temps de duració). A continuació es va sumar el temps de cada cita on es donava la mateixa pràctica (usar, expressar, avaluar o revisar), obtenint així un temps total dedicat a cada pràctica de modelització en aquella discussió, és a dir, en aquella fase. Dividint cada xifra pel temps total es va obtenir el percentatge de temps dedicat a cada pràctica de modelització. Això es va fer pels dos grups i totes les fase seleccionades del model de canvi químic i de flotació.

D'una banda es va realitzar un tipus de gràfic circular per cada fase on es mostrava el percentatge de temps dedicat a cada pràctica (figura 22, exemple de l'esquerra). Per visualitzar l'evolució de la participació en les diferents pràctiques al llarg de la seqüència instruccional vam necessitar d'un altre tipus de gràfic que englobés la informació en percentatges de totes les fases de la seqüència. Per això vam fer servir un tipus de representació inspirada en recerques prèvies sobre models (Hernández et al., 2015) amb un tipus d'esferes amb major o menor grandària segons el percentatge. La figura 22 mostra un exemple representatiu d'aquest tipus de gràfic (exemple de la dreta), indicant a l'eix X les 6 fases de la seqüència i a l'eix Y les 4 pràctiques de modelització, i on la grandària de les esferes indica el percentatge de temps dedicat a cada pràctica en cada fase (les esferes en vertical sumen un total del 100% del temps).



**Figura 22:** Exemples de gràfics de % de temps dedicat a cada pràctica en una fase i evolució de la participació en les pràctiques.

A l'esquerra, exemple de gràfic circular on es mostra el % de temps dedicat a cada pràctica en una fase de la seqüència. A la dreta, exemple de gràfic d'evolució de la participació en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència.

Per l'anàlisi dels models, es va fer ús d'un altre tipus d'informació. En aquest cas es pretenia saber en quin nivell del model es trobava cada alumna dels dos grups analitzats en cada moment de la seqüència, per veure com evolucionaven al llarg d'aquesta. D'aquesta anàlisi vam extreure després dos tipus d'informació: una de tipus global (evolució general de totes les alumnes dels dos grups), per tal de saber el camí majoritari seguit per l'alumnat; i una de tipus individual (evolució de cada alumna de cada grup), per tal de conèixer el camí real seguit per cada alumna i comparar l'evolució entre alumnes d'un mateix grup o entre alumnes de diferents grups.

L'anàlisi realitzada dels documents escrits i audiovisuals va ser diferent. Si bé cada document (fos de vídeo o de text) corresponia a un moment d'anàlisi, en el cas dels textos, cada document era per una sola alumna i es va codificar amb un sol nivell de model, mentre que en el cas dels vídeos, per ser una discussió en grup, cada document incloïa els diferents nivells del model que tenien diverses alumnes. Conseqüentment, en el primer cas, vam obtenir un codi per cada alumna i moment, de manera que vam poder saber quin nivell del model tenia cada alumna en cada moment. En canvi, en el cas dels vídeos teníem múltiples codis per múltiples alumnes en cada document, i per tant vam obtenir una complexitat de codis i alumnes per cada moment. Per poder saber quin nivell del model majoritari tenia cada alumna en els moments que fossin

discussions, en el cas dels documents audiovisuals es va fer ús d'una opció d'anàlisi del programa *Atlas.ti* anomenada "Taula de co-ocurrència de codis". Aquesta opció ens va permetre obtenir, per cada document audiovisual, quantes vegades una alumna havia utilitzat o expressat un nivell del model al llarg de la conversa. A la taula generada es relaciona una família de codis (per ex., els nivells del model) amb una altra família de codis (per ex., les alumnes d'un grup) indicant del nombre de vegades que cada codi apareix amb un altre codi en una mateixa cita (és a dir, quantes vegades dos codis co-ocorren a la mateixa cita en aquell document)<sup>15</sup>. Per decidir el nivell del model de cada alumna en aquell moment (és a dir, en aquella discussió), es va atorgar el nivell majoritari de l'alumna (és a dir, el nivell que havia co-ocregut més vegades amb aquella alumna). En els casos on una alumna tenia la mateixa freqüència entre dos o més nivells del model, s'atorgava el nivell més elevat de la progressió. En els casos on una alumna no intervenia o no usava/expressava cap nivell del model, aquella alumna es marcava amb l'etiqueta "*No expressa*" i es comptabilitzava separatament. D'aquesta manera vam saber, per cada moment, el número d'alumnes que es trobaven a cada nivell del model (per l'anàlisi global) i el nivell del model en el qual es trobava cada alumna (per l'anàlisi individual). La taula 22 mostra un exemple de taula de co-ocurrència de codis. A cada cel·la s'indica el nombre de vegades que cada nivell del model (Flot-F1, etc.) co-ocorre amb cada alumna (B2-1, etc.). A la última fila s'indica el número d'alumnes que estan en cada nivell i a la última columna s'indica el nivell atorgat a cada alumna.

	Flot-F1	Flot-F2	Flot-F3	Flot-F4	Nivell de cada alumna
[B2-1]	0	4	2	2	Flot-F2
[B2-2]	0	0	2	0	Flot-F3
[B2-3]	0	4	4	0	Flot-F3
[B2-4]	0	0	1	0	Flot-F3
Núm. d'alumnes	0	1	3	0	

**Taula 22:** Exemple d'anàlisi de la co-ocurrència de codis.

Nombre de vegades que cada nivell del model co-ocorre amb cada alumna i nivell majoritari atorgat a cada alumna.

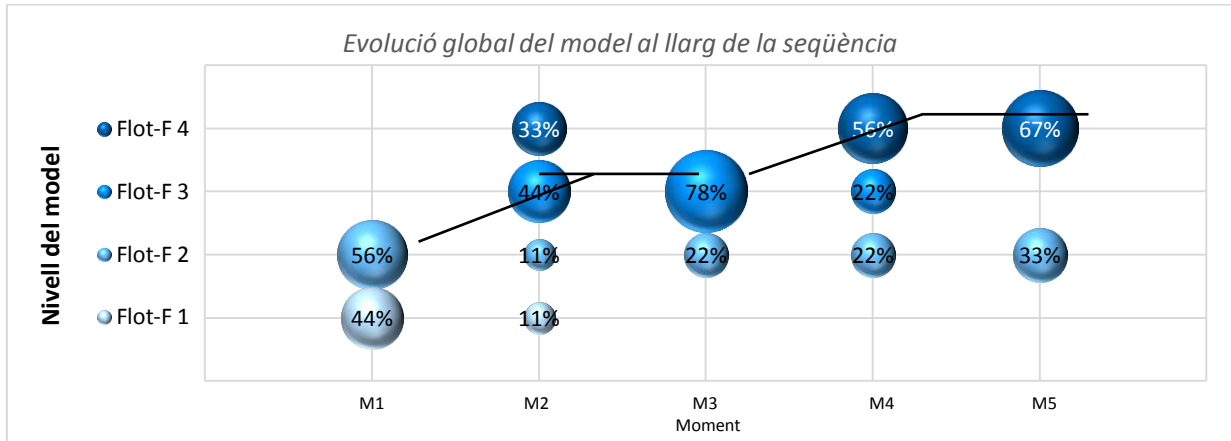
Aquest tipus d'anàlisi (la co-ocurrència de codis) també es va utilitzar per respondre a la primera pregunta del tercer objectiu ("*2.3.1. Quins mecanismes d'influència didàctica es donen i qui els promou?*"). En aquest cas, però, ho vam fer per tots els documents analitzats (totes les fases, moments i grups) i es van correlacionar els codis referents als mecanismes d'influència didàctica amb els codis dels responsables. La pròpia taula de co-ocurrència es presenta en els resultats directament per ser discutida i no es fa cap tractament de dades posterior per representar-les gràficament.

En el cas de l'anàlisi dels models, una vegada establert el nivell del model de cada alumna en cada moment de la seqüència (tant aquells que fossin documents escrits com els documents audiovisuals) es van realitzar dos tipus de gràfics diferents: un per visualitzar l'evolució global de les alumnes i l'altre per visualitzar l'evolució individual.

El primer tipus de gràfic és molt similar al de l'evolució de les pràctiques de modelització, però en comptes d'indicar el percentatge de temps dedicat, mostrem la mateixa informació que Hernández, Couso i Pintó (2015), on la grandària de les esferes indica el percentatge d'alumnes que es troba en aquell nivell del model en cada moment de la seqüència (les esferes en vertical sumen un total del 100% d'alumnes). En el cas que una o varies alumnes no intervinguin o no expressin cap nivell del model en un moment, això es representa amb una altra esfera en una posició inferior al nivell 1 del model en l'eix de les X i s'etiqueta

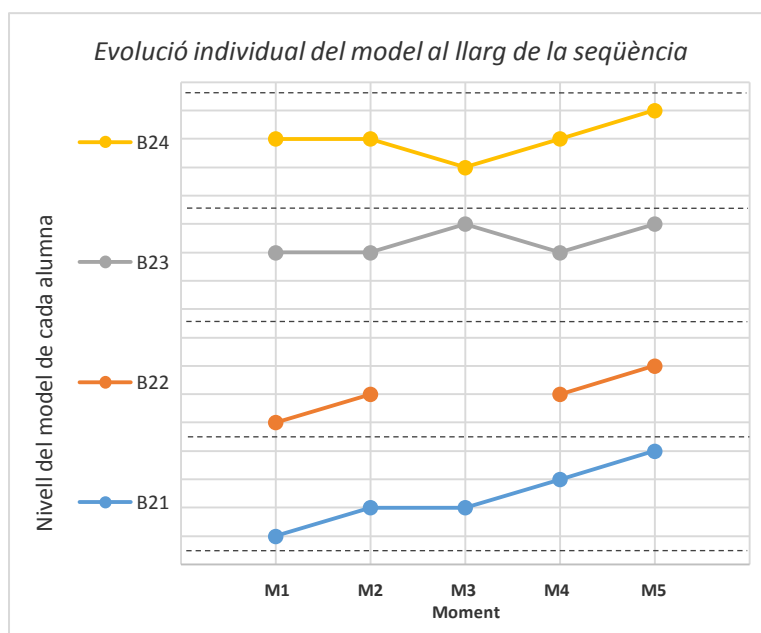
<sup>15</sup> S'ha de tenir en compte que perquè aquesta anàlisi sigui per cada document (i per tant, per cada moment), a l'*Atlas.ti* cal "filtrar" les cites pel document seleccionat (si no, el programa fa la co-ocurrència de codis en tots els documents de la Unitat Hermenèutica). A més, cal assegurar-se que en cap ocasió les cites estan superposades en el document. Si no, l'anàlisi no surt correctament perquè el programa considera les cites superposades com una altra co-ocurrència de codis.

amb el nom “No expressa”. A més, d’igual manera que les autores mencionades, indiquem també la trajectòria més comuna (és a dir, el camí seguit per la majoria de l’alumnat) enllaçant amb una línia les esferes més grans, és a dir, on hi ha un major percentatge d’alumnes. La figura 23 mostra un exemple representatiu d’aquest tipus de gràfic, indicant a l’eix X els 5 moments de la seqüència (M1, M2, etc.) i a l’eix Y els 4 nivells del model (ex. Flot-F1), i on s’indica el percentatge d’alumnes que es troba a cada nivell del model en cada moment (grandària i número de les esferes) i la trajectòria més comuna de l’alumnat (línia negra).



**Figura 23:** Exemple de gràfic d’evolució del nivell del model global al llarg de la seqüència.

El segon tipus de gràfic (figura 24) pretén representar aquesta mateixa evolució però de manera individual, per cada alumna de cada grup. Per això, es va decidir que la manera més pràctica i útil per mostrar no només l’evolució individual sinó també possibles tendències dins d’un grup o entre grups, era incloent les alumnes d’un mateix grup en el mateix gràfic. Per això es va fer un gràfic similar a l’anterior (figura 23) en relació a l’eix de les X, on es representen els 5 moments de la seqüència (M1-M5). Ara bé, en relació a l’eix de les Y, en canvi, indiquem cada alumna de cada grup (del grup 1 les alumnes C11, C12, C13, C14 i C15, i del grup 2 les alumnes B21, B22, B23 i B24) i per cadascuna d’elles, els 4 nivells del model en progressió en ordre ascendent (del nivell 1 a baix al nivell 4 a dalt). Per ajudar a la visualització del gràfic, el nom dels nivells no s’inclou a l’eix de les Y, però dins de la zona de cada alumna (limitada per línies horitzontals intermitents) els 4 nivells del model es representen amb línies suaus horitzontals. Quan en algun cas no s’ha pogut determinar el nivell del model per a una alumna en un moment de la seqüència (perquè no ha intervingut o no ha expressat/usat el model en aquell moment) aquell punt no s’ha representat en el gràfic i per tant la línia queda trencada per aquell punt. La figura 24 mostra un exemple d’aquest tipus de representació.



**Figura 24:** Exemple de gràfic d'evolució del nivell del model individual al llarg de la seqüència.

### Anàlisi per episodi

Per últim, es va realitzar una anàlisi qualitativa interpretativa, novament de dades qualitatives, per tal de donar resposta a la segona pregunta de l'objectiu 3 ("*2.3.2. Quina influència tenen els mecanismes més abundants en l'activitat de modelització per construir models clau?*"). Ens situem en una anàlisi molt més sistèmica i general, que ens fa sentir com a investigadores participants ja que ens dona una informació que pot quedar amagada darrere les freqüències i patrons de les anàlisis anteriors. Cal tenir en compte, per exemple, que la influència o efecte d'aquests mecanismes és complex, ja que alguns d'ells es donen simultàniament o molt seguits a la conversa, i per tant és possible que hi hagi una influència compartida. Per aquest motiu hem preferit fer una anàlisi de tipus qualitativa-interpretativa que pugui capturar aquesta riquesa i donar compte de la situació real, en comptes de fer anàlisis de tipus més analítiques (com per exemple analitzar quantes vegades el model s'incrementa just després d'un mecanisme concret) que segurament no capturarien aquesta realitat més complexa (ja que l'increment del model pot tenir relació amb altres característiques específiques d'aquell episodi o amb mecanismes previs o consecutius). Amb aquest tipus d'anàlisi es va pretendre tenir una visió més concreta (o un "zoom in") i complexa de les discussions d'aula, de manera que es pogués identificar si els mecanismes d'influència didàctica més importants promouen o no una activitat de modelització productiva (és a dir, un avanç en el model o una pràctica de modelització interessant). Aquests episodis eren els mateixos que les fases i moments seleccionats per l'anàlisi de la modelització i els models, però en aquest cas eren trossos més petits de discussió, habitualment més petits que tot el document audiovisual (tota la fase o moment).

Per fer-ho, vam pre-seleccionar uns episodis interessants que ens van semblat rellevants des del punt de vista didàctic, tal i com s'explica a l'apartat "Tipus de dades recollides" (5.1.4.1.), i vam fer una segona selecció d'aquells on es donaven els mecanismes d'influència didàctica identificats com a més abundants. La selecció inicial d'episodis especialment interessants didàcticament es va realitzar abans de qualsevol codificació i anàlisi sistemàtica dels documents. Per això, vam realitzar una primera visualització de les dades seleccionades i vam apuntar unes primeres impressions d'aspectes interessants en relació als models, a la pràctica de modelització o les diferents estratègies o mecanismes didàctics observats. Per això, vam pensar en possibles "titulars" o idees representatives que expliquessin què havia passat en aquell moment clau o episodi significatiu (del tipus "estan fent...", "discuteixen sobre...", "un alumne X convenç



als altres”, etc.) De fet, a part de permetre la selecció d’episodis o trossos de conversa significatius/especials didàcticament, aquesta primera visualització va servir inicialment per ser molt útil per a definir unes primeres versions de les categories de cada dimensió (modelització, models i mecanismes), tal i com s’explica a l’apartat de “Definició de les categories” (5.1.5.1.). A la segona selecció es va identificar en quins d’ells es donava algun dels mecanismes més abundants segons l’anàlisi quantitativa realitzada. A continuació es van ordenar i agrupar en els mecanismes en qüestió, i es van analitzar de manera interpretativa els efectes que tenien aquests mecanismes en l’activitat de modelització. Hem adoptat aquesta aproximació diferent per l’anàlisi dels mecanismes perquè estàvem interessades en descriure, amb el màxim de detall possible, de manera molt profunda i tenint en compte les complexitats del context, el discurs real que es dona i els detonants que promouen que l’alumnat s’involucri en unes pràctiques de modelització genuïnes i es produeixi un aprenentatge d’uns models clau en ciències.

Per poder donar compte de l’anàlisi interpretativa, es van transcriure literalment els episodis (exemple a la Taula 23), on es va incloure la codificació realitzada per la pràctica de modelització, els models i els mecanismes (columnes de la dreta). Així mateix, per ajudar al lector, es va incloure una o varies imatges representatives d’aquell episodi (Norris, 2002). En el format digital s’inclou també un enllaç web als vídeos originals, que tal i com s’explica a l’apartat de “Consideracions ètiques” (5.1.2.), tenen accés restringit i només es poden visualitzar amb l’autorització de l’autora<sup>16</sup>.

La Taula 23 mostra un exemple representatiu de transcripció i codificació d’un episodi interessant.

TRANSCRIPCIÓ EPISODI	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><u>Situació:</u> Les alumnes, han anat submergint el got en aigua i explicant amb termes de forces les diferents situacions (got més o menys enfonsat): com més se submergeix el got, més força fa l’aigua i més força hem de fer nosaltres. Mentre estan escrivint l’explicació al dossier, es dona la conversa a continuació:</p> <p>C15: <i>"I com s'explica que com més baixem, més costa...?"</i></p> <p>C14: <i>"perquè hi ha més aigua i més got"</i></p>	AVA (C15)	Flot-F2	3.1. <b>Qüestionament del model (C15)</b>
<p>C15: <i>"més aigua on?"</i></p> <p>C13: <i>"no, jo crec que és: <b>quant més vols enfonsar i més força fas...</b> [fa gest amb els mans cap amunt, com simulant l'efecte de l'empenta de l'aigua]"</i></p> <p>C11: <i>"li toca per més costats [l'aigua al got]"</i></p>	USA (C14)	Flot-F1	
<p>C15: <i>"Sí; però jo estic pensant amb forces ara. <b>Una cosa és el que notes, i una altra és amb forces Què està passant?"</b></i></p> <p>C11: <i>"<b>Que hi ha més parts toques per la força de l'aigua"</b></i></p>	Meta		
<p>C15: <i>"<b>Però pel costat llavors també t'exerceix pressió i no pots baixar-lo [el got]? Això és estrany"</b></i></p>	REV (C11)	Flot-F1	2.1. <b>Demanda d'usuar el model (C15)</b>
<p>C13: <i>"No sé, jo només penso que com més et submergeixes, més força fas i més força et fa el got perquè també surtis"</i></p> <p>C12: <i>"O sigui que <b>a més profunditat també...?"</b></i></p> <p>C13: <i>"Jo crec que sí."</i></p>	AVA (C15)	No-Flot-F1	
<p>C13: <i>"No sé, jo només penso que com més et submergeixes, més força fas i més força et fa el got perquè també surtis"</i></p> <p>C12: <i>"O sigui que <b>a més profunditat també...?"</b></i></p> <p>C13: <i>"Jo crec que sí."</i></p>	USA (C13)	Flot-F3	

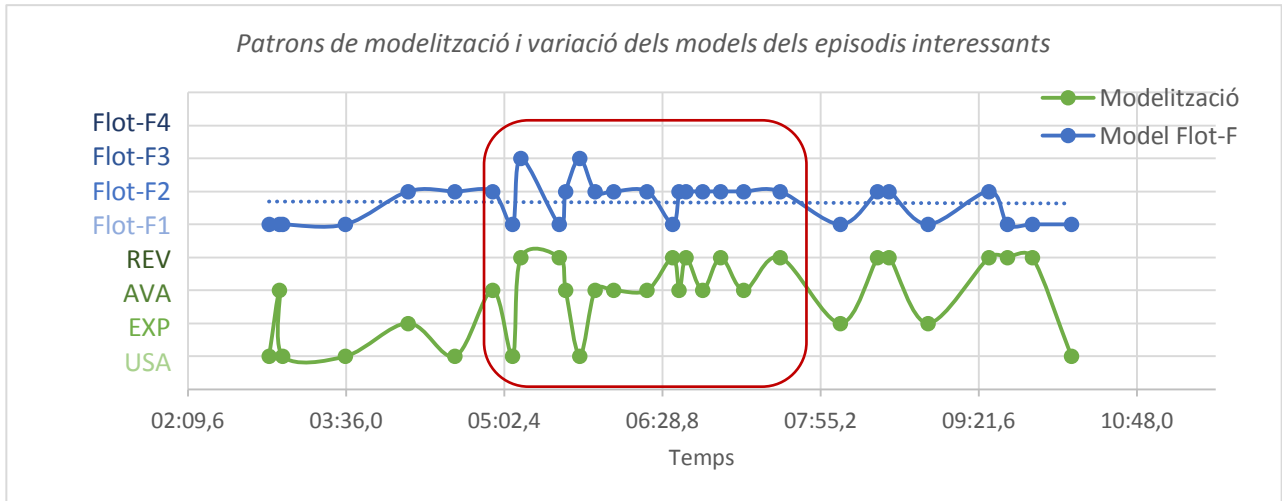


<sup>16</sup> Per tenir accés als vídeos cal enviar un correu electrònic a [agarridoespeja@gmail.com](mailto:agarridoespeja@gmail.com).



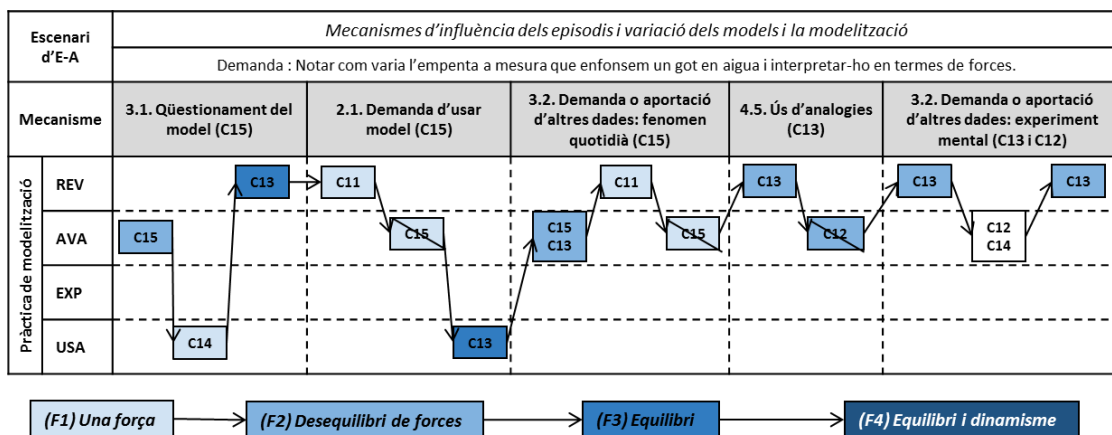
**Taula 23:** Exemple de transcripció i codificació d'un episodi.

A continuació, es van realitzar 2 tipus de representacions (exemples a la figura 25 i figura 26). El primer tipus de gràfic realitzat va consistir en la unió dels gràfics dels patrons de modelització i dels patrons de variació dels models (presentats a la figura 21), marcant amb un requadre vermell el segment de discussió corresponent a l'episodi analitzat. La figura 25 mostra un exemple d'aquest tipus de gràfic.



**Figura 25:** Exemple de gràfic de patrons de modelització i variació del model en episodis interessants

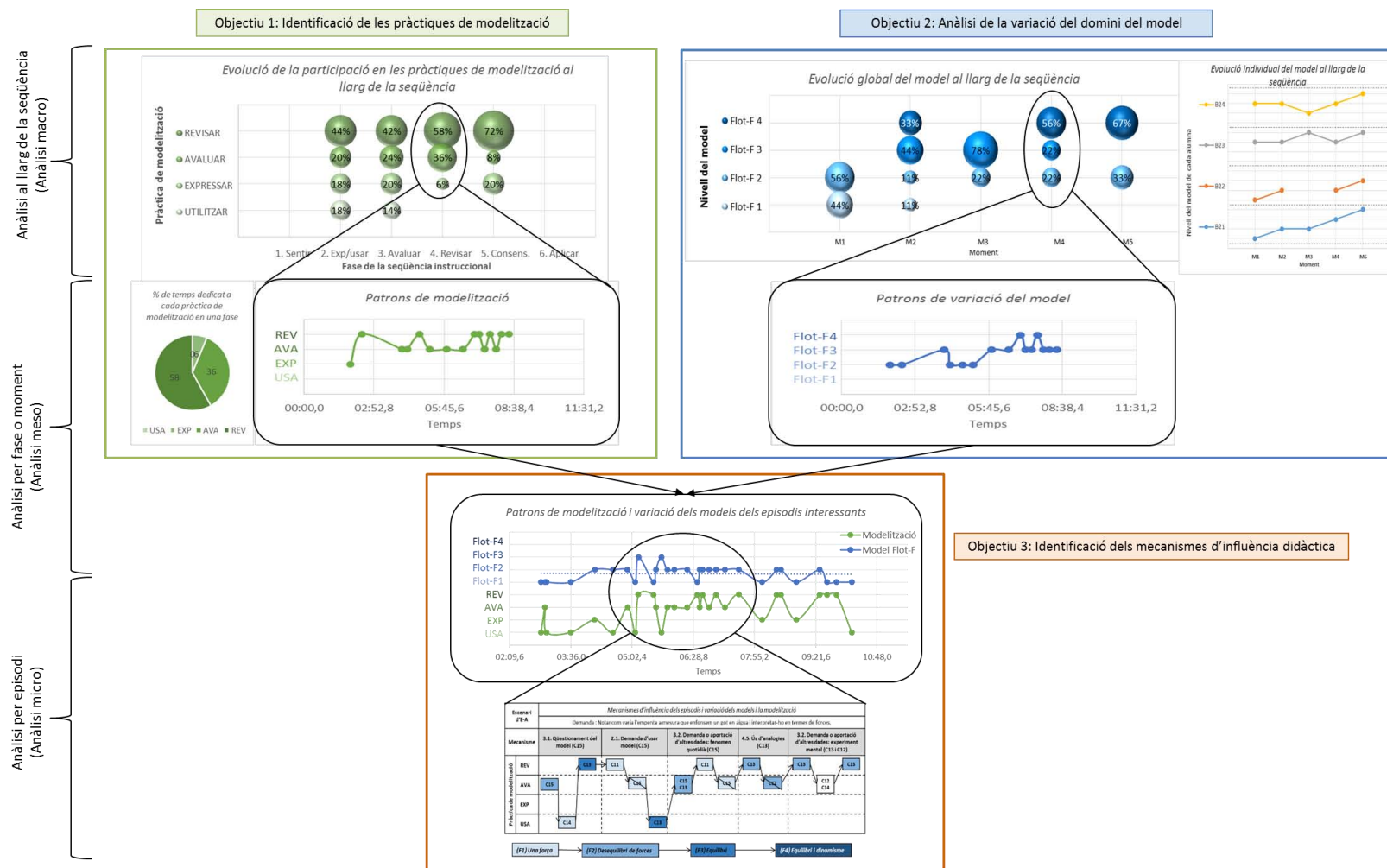
El segon tipus de gràfic consistia en representar els patrons de variació de modelització i dels models només del segment de discussió corresponent a l'episodi, i en incloure, a més, el mecanisme d'influència didàctica detonant de cada activitat de modelització, així com el codi de les alumnes (per ex., C11, C12, etc.) que intervenien en la discussió. La figura 26 mostra un exemple de gràfic d'aquest tipus, on les pràctiques de modelització es representen a l'eix X (REV, AVA, EXP, USA) i els 4 nivells del model es representen amb colors (com més foscos més complexes). Així mateix, per ajudar al lector s'inclou el nom de les categories dels nivells del model a la part inferior del gràfic. Cada requadre representa una cita (una unitat d'anàlisi pels models i la modelització) i dins del requadre s'especifica l'alumna o alumnes que han intervingut en aquella cita i per tant que es troben en aquell nivell del model i en aquella pràctica de modelització. Per últim, a la part de dalt del gràfic s'especifica el nom de l'episodi, quin és l'escenari d'ensenyament-aprenentatge d'aquell episodi i els mecanismes d'influència didàctica que s'han codificat com a detonants de l'activitat de modelització en aquell episodi. Aquests gràfics mostren l'aparició dels diferents codis cronològicament (d'esquerra a dreta).



**Figura 26:** Exemple de gràfic de mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

### Visió global dels diferents tipus d'anàlisis realitzats

En resum, s'han realitzat 3 tipus d'anàlisi a 3 escales diferents: anàlisi per fase o model (anàlisi meso), anàlisi al llarg de la seqüència (anàlisi macro de totes les fases i models o "zoom out") i anàlisi per episodi (anàlisi micro d'algunes seccions de les fases i models o "zoom in"). Tot i que en aquesta secció de la metodologia aquests tres tipus d'anàlisi s'han presentat en aquest ordre per ser l'ordre natural de realització, en la presentació dels resultats els hem ordenat de diferent manera a com s'ha fet, anant d'allò més global (anàlisi macro) a allò més concret (anàlisi micro), i agrupant per objectiu de recerca: 1) anàlisi de les pràctiques de modelització, 2) anàlisi dels models i 3) anàlisi dels mecanismes d'influència didàctica. La figura 27 mostra visualment l'ordre en el qual es presenten els resultats corresponents a cada tipus d'anàlisi: del més general al més concret i en relació a cada objectiu.



**Figura 27:** Esquema dels tipus d'anàlisi realitzats i els tipus de gràfics obtinguts.

S'han ordenat en l'ordre que es presenten als resultats: per objectius de recerca, de modelització (en requadre verd), de models (en requadre blau) i de mecanismes (en requadre marró), i per escala d'anàlisi, de més general (anàlisi macro, a dalt) a més concret (anàlisi micro, a baix).

## 5.2. Resultats i discussió respecte la modelització

En aquest apartat es presenten i discuteixen els resultats respecte la modelització, és a dir, com l'alumnat participa en les diferents pràctiques de modelització. L'anàlisi realitzada en aquest apartat ha estat de tipus analítica (utilitzant unitats d'anàlisi molt petites) i quantitativa d'unes dades qualitatives, la qual cosa ens ha permès representar en freqüències, percentatges i patrons la participació dels alumnes en les diverses pràctiques de modelització al llarg del temps, tant a una escala gran de seqüència com a escala petita de cada discussió en cada fase de la seqüència.

En el primer apartat (5.2.1.) presentem l'evolució de la participació dels alumnes dels dos grups analitzats (G1 i G2) en les diverses pràctiques de modelització al llarg de les seqüències, a partir de conèixer quin percentatge de temps hi dediquen a cada pràctica en les fases de les seqüències (del model Canvi químic i Flotació). En el segon apartat (5.2.2.) ens endinsem en cada fase de la seqüència i mostrem el percentatge de temps dedicat a les diferents pràctiques de modelització en cada fase, així com els patrons de variació de la modelització que es donen a les discussions (és a dir, com va variant la participació del grup en les diferents pràctiques de modelització dins de cada fase de la seqüència).

Amb l'objectiu de facilitar la lectura dels resultats, a la Taula 24 es presenten tots de gràfics obtinguts en aquest apartat de modelització, ordenats segons l'ordre d'aparició en aquest apartat. En ella s'inclou el nom de cada tipus de gràfic (cel·les amb fons blanc) i dins de cadascun, el nom i número concret de cada gràfic (cel·les de colors), que és el nom usat per referir-nos a cadascun dels gràfics inclosos en aquest apartat.

	Model Canvi Químic				Model Flotació			
	Situació	Grup	Nom del gràfic		Situació	Grup	Nom del gràfic	
<b>MODELITZACIÓ</b>			<i>Gràfic 3. Evolució de la participació en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència</i>				<i>Gràfic 3. Evolució de la participació en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència</i>	
	F2, F3, F4	G1	#1. Canvi Q – G1		F2, F3, F4	G1	#3. Flot – G1	
		G2	#2. Canvi Q – G2			G2	#4. Flot – G2	
			<i>Gràfic 4 % de temps dedicat a cada pràctica</i>	<i>Gràfic 5. Patrons de modelització</i>			<i>Gràfic 4. % de temps dedicat a cada pràctica</i>	<i>Gràfic 5. Patrons de modelització</i>
	F2	G1	#5a. Canvi Q-F2-G1	#5b. Canvi Q-F2-G1	F2	G1	#11a. Flot –F2– G1	#11b. Flot –F2– G1
		G2	#6a. Canvi Q-F2-G2	#6b. Canvi Q-F2-G2		G2	#12a. Flot –F2– G2	#12b. Flot – F2– G2
	F3	G1	#7a. Canvi Q-F3-G1	#7b. Canvi Q-F3-G1	F3	G1	#13a. Flot– F3– G1	#13b. Flot– F3 – G1
		G2	#8a. Canvi Q-F3-G2	#8b. Canvi Q-F3-G2		G2	#14a. Flot– F3– G2	#14b. Flot– F3 – G2
	F4	G1	#9a. Canvi Q-F4-G1	#9b. Canvi Q-F4-G1	F4	G1	#15a. Flot– F4– G1	#15b. Flot– F4 – G1
		G2	#10a. CanviQ-F4-2	#10b. CanviQ-F4-G2		G2	#16a. Flot– F4– G2	#16b. Flot– F4 – G2
					F5	G1	#17a. Flot– F5– G1	#17b. Flot– F5 – G1
						G2	#18a. Flot– F5– G2	#18b. Flot– F5 – G2

**Taula 24:** Resum dels gràfics inclosos als resultats sobre els mecanismes d'influència didàctica.

Segons ordre d'aparició: Nom de cada tipus de gràfic (cel·les fons blanc) i nom i número concret de cada gràfic (cel·les de colors).


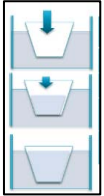
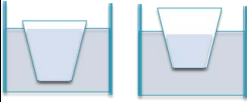


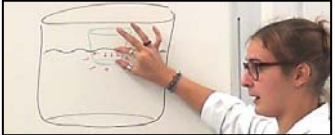
### 5.2.1. Evolució de la participació dels futurs mestres en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència instruccional

De la nostra selecció de dades i anàlisi hem vist que els alumnes estan involucrats activament en una activitat de modelització més d'un 60% de tot el temps disponible per realitzar cada tasca. Això ens diu que la participació en activitats de modelització és molt elevada pels alumnes seleccionats en les tasques seleccionades.

Per tal de visualitzar l'evolució de la participació de l'alumnat en les diferents pràctiques de modelització (ús, expressió, avaluació i revisió del model) al llarg de la seqüència instruccional, hem fet servir un tipus de representació que permet mostrar el percentatge de temps que un grup hi dedica a cada pràctica de modelització en una fase determinada de la seqüència (F2, F3, F4, F5). Això s'ha analitzat pels dos grups d'alumnes (G1 i G2) i pels dos models (canvi químic i flotació) (gràfics #1, #2, #3, #4). Tal i com s'ha comentat a l'apartat de metodologia (5.1.), només es poden analitzar aquelles fases en les quals s'ha donat discussió entre l'alumnat, i per tant on l'alumnat ha pogut participar en les pràctiques de modelització. Això exclou la fase 1 (reconèixer la necessitat d'un model), i la fase 6 (utilitzar el model en un nou fenomen). A més a més, en el cas del model de canvi químic, també s'ha exclòs la fase 5 (consensuar el model).

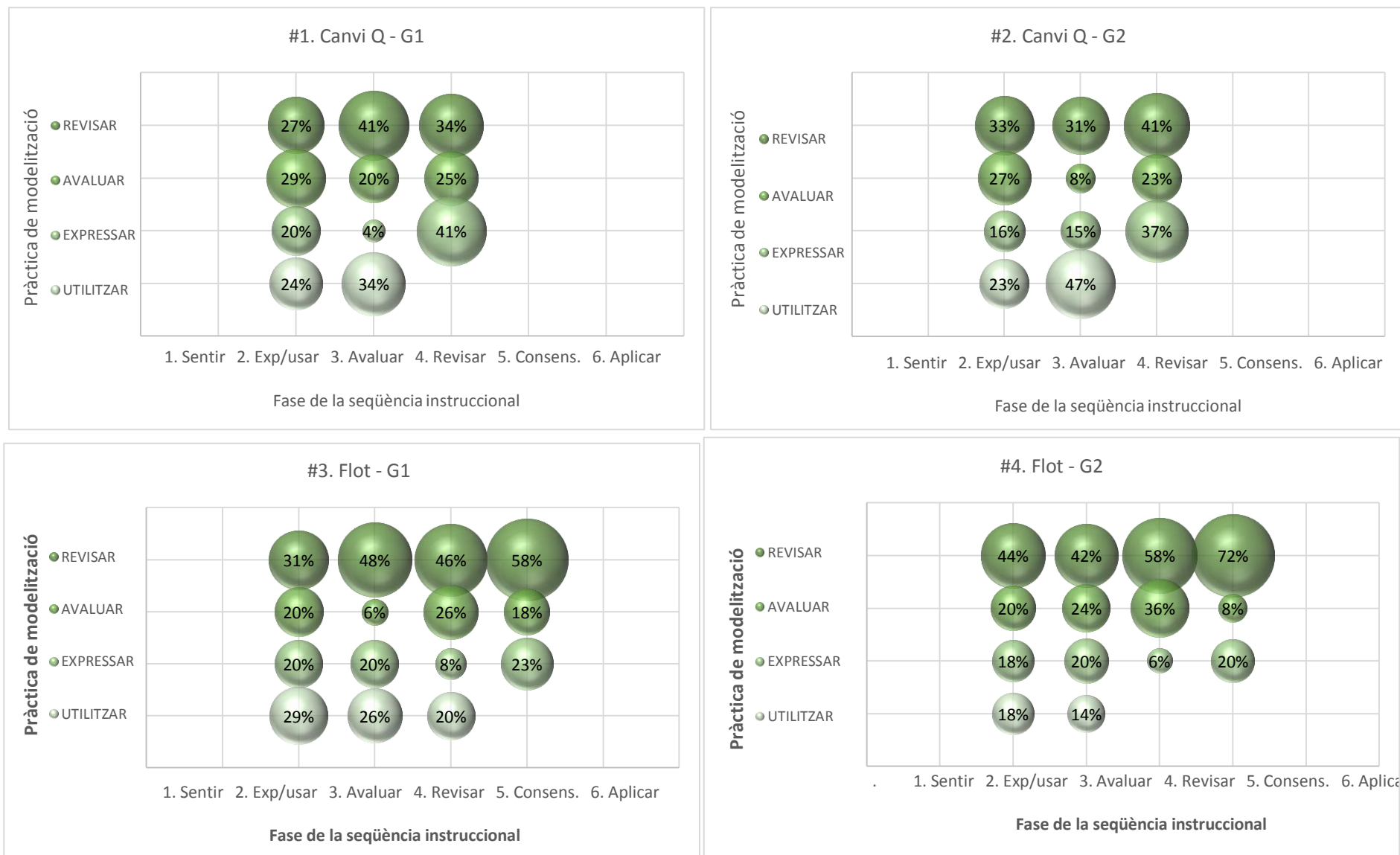
Per tal de tenir present quina va ser la tasca concreta que es va demanar a l'alumnat en cada fase analitzada, a la Taula 25 es concreta la tasca realitzada a cada fase (F2, F3, F4 i F5) tant pel model de canvi químic com el de flotació.

En els sub-apartats a continuació es presenten els resultats de l'evolució de la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització, comentant les tendències generals (al llarg de la seqüència), les diferències entre grups i les diferències entre models identificades als gràfics #1, #2, #3, #4.

Fase	Tasca de la seqüència	
	Model Canvi Químic	Model Flotació
F2 - exp /usar model inicial	<p><b>Tasca canvi 6</b> En grup petit, es demana discutir i dibuixar un canvi físic i un químic a nivell micro: “Escull un canvi fort (químic) i un canvi feble (físic). Com els imagines “per dins”? Què canvia en cada cas a nivell de partícules? Per què ho has dibuixat així?”</p> <p><b>Tasca canvi 7</b> Act. 1. (part 1): en grup petit, es planteja l’ús del model per explicar un fenomen: L’efervescència d’una pastilla en aigua. “Com creus que variarà la massa en l’ampolla oberta i en la tancada? Creus que es tracta d’un canvi físic o químic? Per què?” L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>	<p><b>Tasca flot 2</b> Act. 1. Quant costa fer un forat a l’aigua?: En grup petit, es proposa fer l’experiment d’enfonsar cada vegada més un got de plàstic (per fer un “forat” a l’aigua) i explicar els resultats: “en quina situació estàs fent més força?”, “com ho explicaries en termes de les forces implicades?” L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p> 
	<p><b>Tasca canvi 8</b> Act. 1. (part 2): Pesa més, menys o igual? En grup petit es proposa fer l’experiment de posar dues pastilles efervescentes en dues ampolles d’aigua, una deixar-la destapada i l’altra tapada. Es demana observar com varia la massa i explicar els resultats: “Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre? On ha anat la massa que falta? Què podries fer per comprovar-ho?”. Ho podem veure?: Es proposa realitzar el mateix experiment però posant un globus al cap de l’ampolla i explicar els resultats: “Què creus que hi ha dins del globus? On creus que havia anat la massa que faltava en l’ampolla oberta? On estava aquest gas abans de fer la reacció? De què creus que està fet el comprimit?”</p>	<p><b>Tasca flot 4</b> Act. 2. Quant val com a màxim l’empenta de l’aigua? En grup petit, es proposa fer l’experiment d’enfonsar el got amb diferents quantitats d’aigua a dins (per veure que com més aigua hi posem, menys costa fer el forat) i explicar els resultats: “Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l’aigua?”, “Quin és el valor de l’empenta que fa l’aigua sobre el got?”. L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p> 
F3 - avaluar model	<p><b>Tasca canvi 9</b> Act. 2: Què hi havia abans i després? Es dóna la fórmula de la reacció química de la pastilla efervescent en aigua. En grup petit, es demana: “Després de veure la reacció, podries dir què era exactament (quin compost era) la massa que faltava en l’ampolla oberta? Identifica quins són els elements (ex. Oxigen=O, Sodi=Na...) que hi ha abans i després”. A continuació es demana que representin la reacció amb peces de plàstic (tipus Lego) i que dibuixin les estructures creades. Finalment, es demana: “Què ha canviat? Què es manté abans i després? S’ha creat algun element nou?”</p>	<p><b>Tasca flot 5</b> Act. 3: Quan sura un cos? En grup petit, es proposa utilitzar la base d’orientació (preguntes que ens hem de fer quan volem interpretar fenòmens en termes de forces) per analitzar dues situacions d’equilibri (un got mig ple d’aigua i un got totalment ple d’aigua surant). L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier, dibuixant les forces.</p>  
F4 - revisar model	<p><b>Tasca Canvi 10<sup>17</sup></b> Després de l’Act. 1 i 2: En gran grup es consensuen les explicacions i idees clau. Es comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.</p> 	<p><b>Tasca flot 6</b> Després de l’Act. 3: Es comparteixen a la pissarra els dibuixos d’alguns grups, analitzant-los, comparant-los i revisant-los en gran grup. En gran grup es consensuen les explicacions, representacions i idees clau. Es defineix com seria el millor dibuix que explicaria la flotabilitat (en termes de forces) d’un objecte en equilibri.</p> 
F5 - consensuar model	<p><b>Idees clau Activitat 2:</b> <b>Les partícules es reconfiguren, no es crea ni es destrueix res</b></p>	

Taula 25: Fases seleccionades per analitzar les pràctiques de modalització al llarg de les seqüències.

<sup>17</sup> Aquesta tasca, tot i ser seleccionada inicialment per l’anàlisi, no es va analitzar per la poca discussió que es va donar (per manca de temps, etc.) i conseqüentment la manca de participació en les pràctiques de modelització per part de l’alumnat.



**Gràfic 3:** Evolució de la participació en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència  
 S'inclouen els gràfics #1-#4, amb l'evolució per cada model (canvi químic i flotació) i pels 2 grups analitzats



### 5.2.1.1. Tendències generals (al llarg de la seqüència instruccional)

En els gràfics inclosos al gràfic 3 (#1, #2, #3, #4) observem que al llarg de la seqüència instruccional els dos grups s'involucren en **diversitat de pràctiques de modelització** a totes les discussions, és a dir, a totes les fases de la seqüència (a excepció de l'ús del model que no hi apareix a les fase més avançades). Per tant, encara que la fase instruccional promogui concretament una de les pràctiques (per exemple, F2 promou expressar/usar el model inicial), quan l'alumnat es posa a discutir en grup, s'involucra en totes (utilitzar, expressar, avaluar i revisar el model).

Els gràfics també mostren que l'alumnat hi dedica **més temps a usar i revisar el model**. En canvi, les pràctiques **d'expressar i avaluar el model es donen en menys proporció**. Tot i que aquestes pràctiques es donin menys, creiem que segurament l'alumnat igualment les fa "al seu cap", ja que per revisar el model cal haver-lo avaluat abans i per parlar d'un model cal tenir-lo clar, és a dir, ser expressat internament, en el seu cap. Ara bé, aquestes pràctiques probablement no sempre es fan explícites i per tant observem que es donen menys que les d'usar i revisar, que sí són més explícites.

S'observa una **tendència general d'anar disminuint l'ús del model i augmentant la revisió** d'aquesta a mesura que avancem en les fases de la seqüència, especialment en el model de flotació. En el model de canvi químic aquesta tendència s'observa menys, únicament la desaparició de l'ús del model a la fase de revisió (fase 4). De fet, en les dues seqüències s'observa que a les últimes fases (fases 4 i 5) l'ús del model és inexistent o molt anecdòtic. Això ens fa pensar que l'alumnat cada vegada sent menys la necessitat d'utilitzar el model perquè no discuteix tant entorn un fenomen concret i en canvi cada vegada necessita revisar-lo més perquè es troba en un nivell més abstracte. Aquests resultats tenen coherència amb els diferents objectius que tenim al llarg de la seqüència instruccional, ja que a les fases inicials d'aquesta (fases 2 i 3) es demana a l'alumnat situar-se en el món del fenomen o realitat concreta que es vol explicar (usar i avaluar el model) i a les fases més avançades de la seqüència (fases 4 i 5) es demana a l'alumnat pensar en el model de manera més abstracte i general (expressar i revisar el model). Tal i com ja s'ha explicat a l'apartat de metodologia (5.1.), no hem pogut analitzar aquestes pràctiques de modelització a la fase 6 del cicle, on es demana a l'alumnat aplicar el model a noves situacions. Si haguéssim pogut analitzar aquesta última fase (perquè la tasca s'hagués fet en grup i no individualment) probablement tornaríem a trobar l'aparició de l'ús del model, ja que en aquesta fase els alumnes han de tornar a explicar el fenomen concret, i per tant segurament haguessin tornat a usar el model.

En dues ocasions apareix un resultat sorprenent, on la pràctica de modelització que es pretén promoure en aquella fase no coincideix amb allò que després fan els alumnes: **a la fase 3 (fase que pretén promoure l'avaluació el model) justament l'alumnat avalua molt poc el model** (veure gràfics #2 i #3). Això es dona per a grups diferents i en models diferents (en el model de canvi químic i grup 2 i en el model de flotació i grup 1), la qual cosa ens fa pensar que el disseny d'aquesta fase potser té certes mancances en els dos models. És possible que no s'hagi donat una estructura prou clara o eficaç per a promoure l'avaluació, a diferència de la fase de revisió que està més clara i determinada (ja que s'observa que sempre que es demana a l'alumnat revisar, l'alumnat revisa molt).

### 5.2.1.2. Diferències entre grups

Si ens fixem en les diferències entre grups, la única diferència que s'observa és que en el model de flotació, **el G1 hi dedica més proporció de temps a utilitzar el model** i ho segueix fent en fases més avançades de la seqüència on el G2 ja no ho fa (fase 4 del model flotació, #3 i #4). **El G2, en el mateix model de flotació, hi dedica més temps a l'avaluació i revisió del model que el G1**. D'altra banda, l'expressió del model és

bastant similar entre els dos grups. En el model de canvi químic, però, aquestes diferències no s'observen, de manera que no podem arribar a conclusions clares sobre les diferències entre grups en general.

### 5.2.1.3. Diferències entre models

En primer lloc, s'observa una diferència entre models: en el cas del model de flotació (#3 i #4) la **tendència a disminuir la pràctica d'ús i a augmentar la pràctica de revisió** al llarg de la seqüència instruccional és més clara que en el model de canvi químic.

En segon lloc, també s'observa que el temps que hi dedica cada grup a **les pràctiques d'avaluació i revisió és major en el model de flotació que en el de canvi químic**. En el model de canvi químic a les fases 3 (avaluació) i 4 (revisió), els dos grups encara hi dediquen molt de temps a usar i expressar el model.

Els dos resultats obtinguts en relació a la diferència entre models ens fa pensar que el disseny de la seqüència té una influència important. És a dir, que és possible que la seqüència didàctica del model de flotació estigui més ben dissenyada en relació al cicle de modelització que la seqüència del model de canvi químic, i que el tipus de disseny permeti a l'alumnat participar des del principi d'una pràctica més sofisticada (avaluació i revisió del model) i a anar incrementant una reflexió més abstracta (revisió del model) en fases avançades. De fet, la discussió corresponent a la fase de consens (fase 5) en el cas del canvi químic no s'ha pogut analitzar perquè aquesta no era prou rica en termes de la pràctica de modelització realitzada, la qual cosa ens indica unes mancances evidents en el disseny.

### 5.2.2. Patrons de modelització que es donen en les discussions entre els futurs mestres en cadascuna de les fases

En aquest apartat presentem dos tipus de gràfics que representen dos aspectes diferents per a cada fase de la seqüència instruccional: a) Els gràfics circulars representen la proporció de temps dedicat a cada pràctica de modelització, i per tant donen la mateixa informació que els gràfics #1-#4 però només per a una fase; b) Els gràfics temporals mostren el patró de modelització que es dona al llarg de la discussió en cada fase, és a dir, en quines pràctiques de modelització hi participen els alumnes al llarg del temps donat per fer cada tasca.

Per tal de facilitar l'exposició de resultats i la seva discussió presentem primer tots els gràfics junts (sota els títols de gràfic 4 i gràfic 5) i a continuació cometem les tendències observades, fent referència als noms concrets de cadascun dels gràfics. En primer lloc, expliquem les tendències generals que es donen i a continuació comparem i discutim els patrons que es poden observar en les diferents fases de la seqüència (fase 2, 3, 4 o 5), en els dos models que es treballen (de canvi químic o de flotació) i en els dos grups seguits (G1 o G2), identificant si existeix alguna relació entre aquests factors i el tipus de patró obtingut.

Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes



Gràfic 4: % de temps dedicat a cada pràctica (gràfics #5a-#18a)



Gràfic 5: Patrons de modalització (gràfics #5b-#18b)

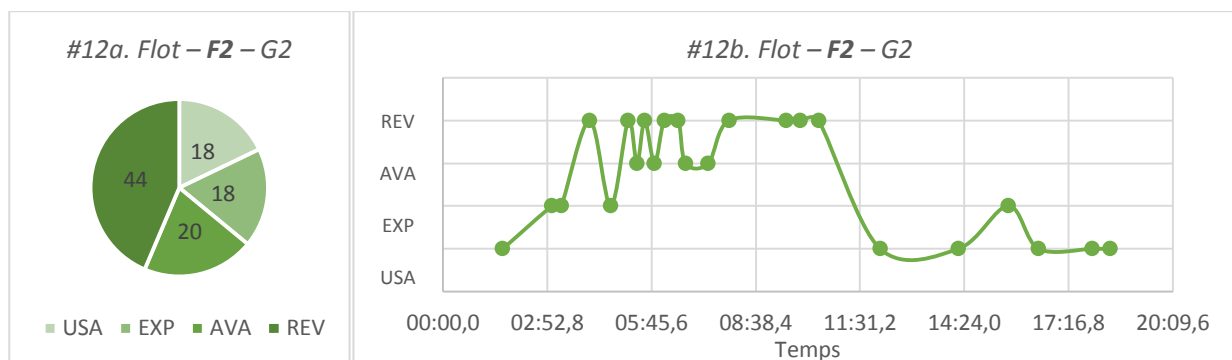
### 5.2.2.1. Tendències generals

Els resultats mostren que **la participació en les diferents pràctiques de modelització no és lineal i ordenada** (primer usant, després expressant, després avaluant i finalment revisant el model), sinó que quan l'alumnat s'involucra en les diferents pràctiques de modelització al llarg d'una discussió, el comportament o patró que segueix és molt desordenat i força imprevisible, ja que va passant d'una pràctica a una altra sense cap ordre.

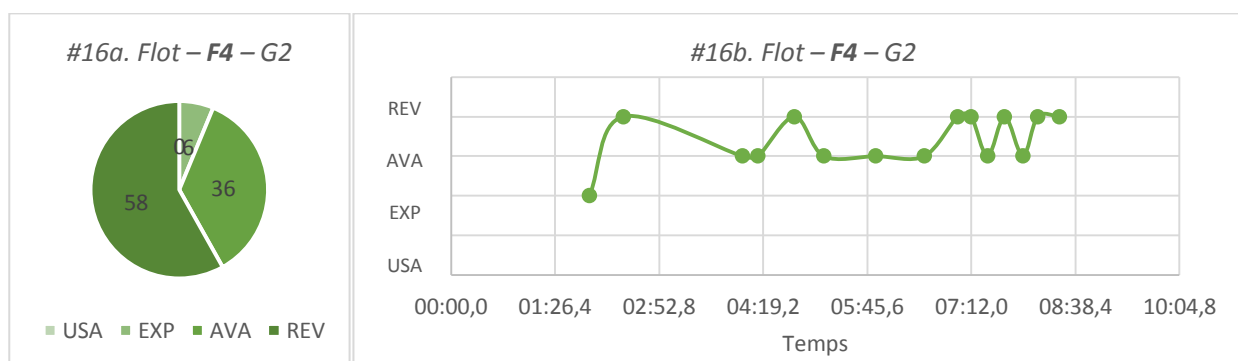
### 5.2.2.2. Variació de patrons entre fases de la seqüència

Si ens fixem en si es donen patrons de modelització diferents a les diferents fases de la seqüència, s'observa una diferència entre les fases 2 i 3 i les fases 4 i 5.

En general, a la **fase 2** (d'expressió/ús inicial) i **fase 3** (d'avaluació del model) observem que l'alumnat hi dedica temps a totes les pràctiques (#5a, #6a, #7a, #8a, #11a, #12a, #13a, #14a). A més a més, s'observa que la majoria de les discussions s'inicien amb un patró d'**usar/expressar-avaluar/revisar**, és a dir, comencen utilitzant i/o expressant el model, i a continuació l'avaluen i/o el revisen (#5b, #6b, #7b, #8b, #11b, #12b, #13b, #14b).



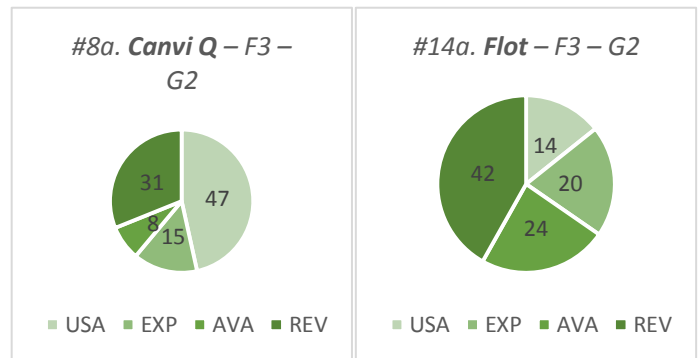
A la **fase 4** (revisió del model) i **fase 5** (consens del model) l'alumnat ja no necessita pràcticament utilitzar el model, però en canvi hi dedica més temps a avaluar i sobretot a revisar el model (#9a, #10a, #15a, #16a, #17a, #18a). En relació a com evolucionen les discussions, no s'observa cap patró característic més enllà de trobar-se a la zona alta del gràfic (avaluació/revisió) (#9b, #10b, #15b, #16b, #17b, #18b).



### 5.2.2.3. Variació de patrons entre models

Si ens fixem en les diferències entre models (comparant dins d'un mateix grup i fase), la proporció de temps dedicada a cada paquet o grup de pràctiques (ús/expressió i avaluació/revisió) és diferent: **en el model de flotació s'avalua/revisa més que en el model de canvi químic** (#5a i #11a, #6a i #12a, #7a i #13a, #9a i #15a), tal i com s'havia observat a l'apartat anterior (5.2.1.).

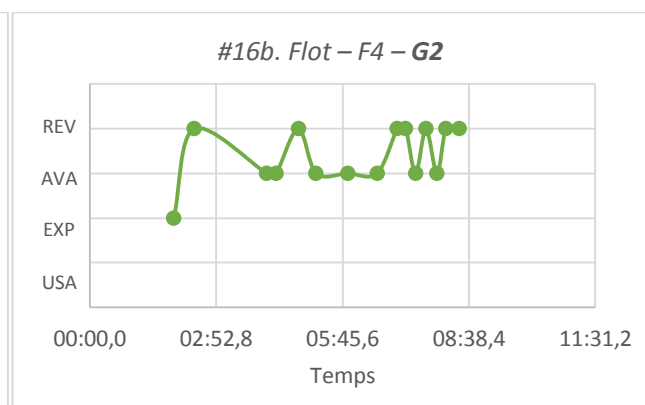
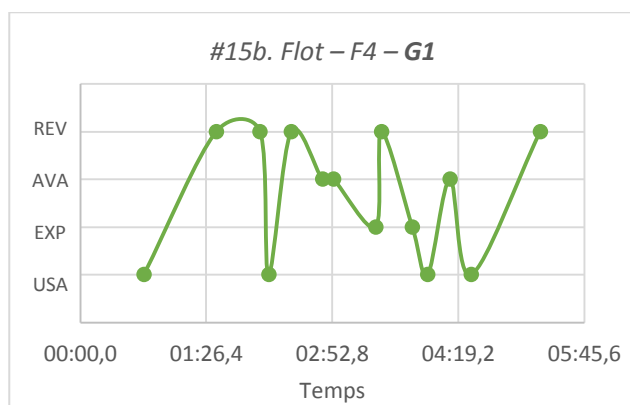
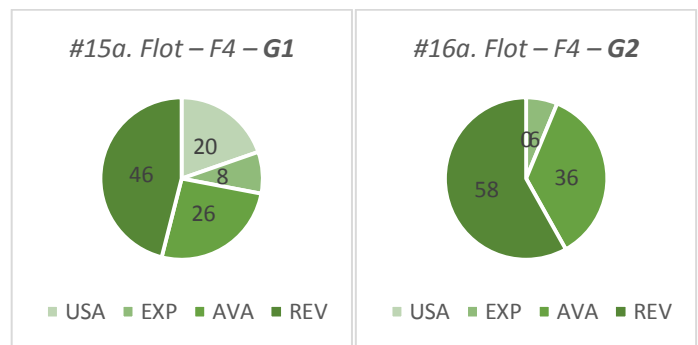
En relació als patrons de modelització que apareixen a les discussions **no s'observen diferències significatives entre models** (cap patró propi d'un model o de l'altre).



### 5.2.2.4. Variació de patrons entre grups

Si observem quin percentatge de temps hi dedica cada grup a cada pràctica, s'observa que en el model de flotació el **G2 hi dedica més temps a les pràctiques d'avaluació i revisió que el G1** (#9a, #10a, #11a, #12a, #13a, #14a, #15a, #16a, #17a, #18a), aspecte també identificat a l'apartat anterior (5.2.1.).

En relació als patrons de les discussions, existeixen diferències importants entre els dos grups. **En el G2 hi apareix en moltes ocasions un patró: el d'avaluar-revisar el model de manera repetida o iterativa** (#6b, #10b, #12b, #14b i #16b), mentre que en el G1, en canvi, aquest patró només hi apareix de manera anecdòtica en tres discussions (#9b, #11b i #17b) i en general aquest grup mostra un patró molt més desordenat (#5b, #7b, #13b, #15b).



Aquest **patró iteratiu "ava-rev"** es pot associar a moments de discussió activa dins del grup entorn el model, en els quals hi ha divergència d'opinions i l'alumnat és capaç d'anar qüestionant el model repetidament en relació amb el fenomen (avaluar) i d'anar modificant-lo (revisar) a continuació.

Des del nostre punt de vista, es tracta d'un **patró molt interessant de discussió** (més del que seria, per exemple, utilitzar el model i a continuació revisar-lo), ja que les alumnes expliciten que s'han adonat de les limitacions concretes del model (quan avaluen el model) i per tant la revisió del model que faran serà probablement més fonamentada.

### 5.2.3. Discussió en relació a la modelització

#### 5.2.3.1. La necessitat de participar sempre en totes les pràctiques

En primer lloc, quan es dissenya i s'implementa una seqüència que intenta promoure la participació de l'alumnat en les pràctiques de modelització (seguint les fases del cicle de modelització), els resultats mostren que l'alumnat s'involucra en **totes les pràctiques** (usar, expressar, avaluar i revisar) **en totes les fases de la seqüència, i no específicament en la pràctica promoguda per la fase del cicle en el qual es troba**. Això ens indica que l'alumnat necessita participar de totes les pràctiques de modelització per anar construint el seu model, i no únicament en la pràctica que es promou en cada fase de la seqüència. Aquests resultats estan en línia amb els resultats obtinguts per Louca i Zacharia (2015) on ja es veia que els alumnes no fan cada pràctica només en la fase del cicle que la promou, però a diferència d'ells, no creiem que això impliqui que algunes fases del cicle no siguin necessàries (per exemple eliminant la fase de revisió en considerar-la un procediment epistemològic), sinó que per a nosaltres això ens indica que **la modelització és un procés molt més dinàmic i complex d'allò que pensàvem inicialment i suggereix la literatura**.

El fet que durant tot el procés de construcció i evolució del model **l'alumnat necessiti anar expressant diverses versions del seu model** difereix de recerques prèvies (Achér & Reiser, 2010; Baek et al., 2011; Berland et al., 2015; Clement, 2008b; Khan, 2007; Louca et al., 2011; Schwarz et al., 2009) que consideren la construcció com una fase de la pràctica de modelització o com una pràctica concreta (on els alumnes físicament construeixen una maqueta, dibuix, simulació, etc.). És a dir, els nostres resultats mostren que poc a poc, els alumnes avancen en el model (el van construint) per aproximacions successives, a trossos, involucrant-se en un pensament i llenguatge científic que inclou la participació en **totes les pràctiques, inclosa l'expressió del model** (explicitar el model de manera més abstracta que en el fenomen local que s'està explicant). Per tant, els nostres resultats concorden amb la nostra hipòtesi inicial de que **l'expressió del model és una pràctica concreta, mentre que la construcció del model és tot el procés d'anar expressant, usant, posant a prova i millorant el model per anar apropant-se al MCE desitjat**.

Troblem una excepció a aquest fenomen (l'aparició de totes les pràctiques a totes les fases), ja que **la pràctica d'usar el model no apareix pràcticament a les fases de revisió (F4) i consens (F5)**. Això és comprensible ja que aquestes fases són de caire més abstracte, on la pràctica d'usar el model, molt concreta i arrelada al fenomen, ja no és necessària per la construcció del model. Caldria veure si a la fase 6 d'aplicació del model, on es torna a demanar explicar un fenomen concret fent ús del model construït, de nou s'observa una aparició de la pràctica d'ús del model o no, tal i com esperaríem. Això ens indica, doncs, que tot i que les alumnes fan totes les pràctiques quasi sempre (a totes les fases) sí que es dona una **certa tendència a seguir el cicle de modelització**.

#### 5.2.3.2. La importància del disseny de les fases d'avaluació i revisió del model

Els resultats mostren que: 1) **en la seqüència de flotació hi ha una major proporció de temps dedicat a pràctiques més complicades com l'avaluació i la revisió que en la seqüència de canvi químic**; i 2) **que al llarg de la seqüència de flotació s'observa una clara tendència a augmentar la pràctica de revisió i a disminuir la pràctica de l'ús del model, mentre que en la seqüència de canvi químic aquesta tendència és menys clara**. Fins i tot en el model de canvi químic la fase de consens (fase 5) no va promoure una discussió prou rica en



termes de modelització, motiu pel qual no es va analitzar aquesta fase per a aquest model. Aquests resultats diferents entre el model de canvi químic i el de flotació ens fan pensar en **la importància del disseny de la seqüència didàctica per aconseguir una participació més adequada en les pràctiques de modelització**, és a dir, una participació general elevada en pràctiques més sofisticades i una evolució cap a pràctiques més abstractes. Però per què considerem que aquests dos resultats són indicadors d'una participació adequada en les pràctiques de modelització?

D'una banda, considerem que una seqüència que promogui més participació en les pràctiques d'avaluació i revisió és més sofisticada que una que no ho faci tant. Això és perquè **expressar i utilitzar el model són pràctiques comunes i poc demandants**, que es poden donar fins i tot en instruccions poc sofisticades (de tipus reproductives on es dona el model als alumnes i on ells l'han d'utilitzar i expressar). En canvi, **avaluar i revisar el model són pràctiques d'un nivell cognitiu més alt** que requereixen necessàriament d'un esforç personal per a construir el model, ja que implica avaluar i millorar els propis models a la llum de nous descobriments (Baek et al., 2011, p. 5; Schwarz et al., 2009, p. 5) i en relació a nova informació o marcs alternatius competitiu, mitjançant un esforç deliberat i conscient (NRC, 2007). Aquestes pràctiques també ressonen amb les habilitats de pensament d'ordre superior (*HOTS*, sigles en anglès) que es poden trobar en versions renovades (i menys cognitivistes) de la taxonomia de Bloom (L. W. Anderson, Krathwohl, & Bloom, 2001; Marzano & Kendall, 2006) i amb els nivells de comprensió lectora inicialment proposats per Wilson i Chalmers (1988) i avaluats en recerques posteriors (Marbà, Márquez, & Sanmartí, 2009), on les components avaluatives i creatives (de revisió) a l'aula de ciències sempre són de més alt nivell cognitiu.

D'altra banda, entenem que si la seqüència està ben dissenyada, és esperable que la pràctica d'ús (una reflexió centrada en l'explicació local del fenomen) vagi disminuint i la pràctica de revisió (una reflexió menys centrada en el fenomen local i més abstracta en termes del model) vagi augmentant al llarg de la seqüència, al menys fins a la fase 5, abans de l'aplicació del model, on de nou s'esperaria trobar un augment del temps dedicat a l'ús del model ja que es torna a un fenomen concret.

Si ens plantejem quines **característiques** ha de tenir una seqüència instruccional ben dissenyada **per tal de promoure una pràctica de modelització més adequada**, les diferències observades entre les dues seqüències didàctiques ens donen idees d'aquestes característiques. En concret, observem que entre les dues seqüències existeixen diferències importants en les **fases d'avaluació (fase 3) i revisió del model (fase 4)**. A continuació presentem i discutim quines característiques diferents tenen les seqüències de canvi químic i de flotació, i després proposem aspectes importants a tenir en compte a l'hora de dissenyar aquestes fases si volem promoure una millor modelització:

**Fase 4 (avaluar el model):** La fase d'avaluar el model és molt clau per la construcció del model i alhora delicada per diferents motius. En primer lloc, cal tenir clar que un model no es pot demostrar, testejar o provar empíricament, ja que forma part del món teòric (Giere, 2004; Gutierrez, 2014). En realitat, el que fem amb l'experiment és aprofundir i buscar una manera de mirar el fenomen que suggereixi o que ressoni amb les idees del model, i a continuació ajustar-lo. Epistemològicament, posar a prova el model voldrà dir comprovar (o jutjar) el grau d'ajust entre el model i la realitat que es vol modelitzar, la qual cosa és delicada. Si l'experiment a realitzar és molt precís, complex o complicat (perquè calen molts utensilis, passos o habilitats per fer-lo bé) i l'experiment no es fa prou bé, els resultats et poden portar a pensar una idea contrària a allò que pensaves, o es pot acabar discutint de l'experiment a nivell manipulatiu/procedimental (sobre com fer-ho bé, etc.) i no tenir prou temps per a avaluar i revisar el model. No només això, sinó que quan un resultat es pot atribuir a un error experimental és fàcil qüestionar poc el model (avaluar-lo) i atribuir un resultat poc esperat a aquest error. En el cas del

model de canvi químic l'experiment de la fase d'avaluació (fase 3) era complicat perquè requeria d'unes mesures precises (mesurar el canvi de massa de la pastilla efervescent en aigua abans i després), amb la qual cosa l'alumnat dedicava molt de temps a tasques manipulatives (per poder realitzar correctament l'experiment), a discutir entorn a l'error experimental (a la correcta o incorrecta mesura de la massa realitzada) i a utilitzar el model per interpretar els resultats (demanda de la tasca). Això va deixar menys temps per reflexionar entorn a la validesa o completesa del seu model inicial (avaluar i revisar). En canvi, a la fase 3 del model de flotació (on la part experimental consistia en anar omplint el got d'aigua fins que no calgués fer cap força per enfonsar el got) l'experiment no requeria de passos difícils ni de precisió a les mesures, amb la qual cosa l'alumnat no va necessitar dedicar tant temps a la discussió experimental i va poder implicar-se més en les pràctiques complexes d'avaluació i revisió del model.

Per tant, si volem que l'alumnat construeixi una idea nova que no està en el seu model inicial, haurem de proposar un **context adequat** on aquesta idea ressoni amb el fenomen experimental realitzat. A la fase d'avaluació, és important no només observar el fenomen o tenir dades per enriquir el model sinó contraposar aquestes dades amb la idea anterior. Després de fer l'experiment o aprofundir en el fenomen creiem important demanar als alumnes tornar a connectar amb la seva hipòtesi o expressió inicial del seu model, és a dir, que les preguntes de l'experiment demanin explícitament la **comparació amb el seu model anterior**, amb preguntes del tipus "El teu dibuix explica el fenomen observat?, Allò que pensaves abans de realitzar l'experiment ho segueixes pensant ara? Per què? En què et bases?", etc. A més, per tal que els alumnes puguin jutjar el model i millorar-lo, **l'experiment ha de ser molt clar i senzill** (Radovanović & Sliško, 2013), de manera que no es perdi temps amb aspectes metodològics o es pugui arribar a conclusions errònies. Concretament, per afavorir que l'alumnat pugui realment avaluar el grau d'ajust del seu model caldrà escollir experiments simplificats i prou visuals, o com alguns autors anomenen "*fenòmens exemplars: exemples ideals o simplificats, que puguin ser investigats amb les eines disponibles en el moment*" (Gilbert & Treagust, 2009, p. 4). De fet, per a alguns fenòmens serà més recomanable no realitzar l'experiment per ser massa complicat o inabastable, i es recomanarà fer-ho d'una altra manera, com proporcionant les dades obtingudes d'un estudi ja fet.

**Fase 5 (revisar el model):** En relació a la fase de revisió (fase 4), el disseny de les seqüències també mostra una diferència important entre el model de canvi químic i el de flotació. En el cas del model de canvi químic, s'introduïa una informació teòrica (la fórmula de la reacció química) i es demanava identificar els elements que hi havia en els reactius i productes. Tot i que l'activitat podia permetre a l'alumnat revisar el seu model gràcies a la nova informació donada, les preguntes no demanaven explícitament connectar amb el model anterior i per tant no s'emfatitzava la sofisticació o millora del seu model. En el model de flotació, en canvi, a l'activitat de revisió es presentava un fenomen semblant a l'analitzat anteriorment però en aquest cas es proporcionava una base d'orientació (és a dir, les preguntes que cal fer-se per poder interpretar un fenomen en base al model de forces) que els ajudava de manera més directa a re-plantejar-se el seu model previ, i per tant a dedicar temps a revisar el model.

Per tant, per tal d'ajudar a l'alumnat a avançar en el seu model, un model que potser no s'ajusta prou al fenomen observat o en el qual s'ha profunditzat en la fase d'avaluació, a la fase de revisió haurem d'aportar alguna **informació nova que no s'havia tingut en compte** o encara millor, proposar una "**nova manera de mirar**" el fenomen que ajudi a l'alumnat a re-pensar les seves idees superant les limitacions identificades i a modificar el seu model en la direcció adequada. La manera de promoure

aquesta “nova manera de mirar” s’haurà d’escollir adequadament en cada model o idea del model per tal d’evitar donar el model revisat (o el MCE) directament als alumnes. Aquesta nova manera de mirar pot consistir en una **base d’orientació** que inclogui les preguntes que s’haurien de fer els alumnes per interpretar el fenomen des d’un nou punt de vista, o bé **exemples de representacions** del model d’un nivell equivalent al seu (per exemple, d’altres companys) que incloguin algun aspecte del model que no s’havia tingut en compte fins el moment, o utilitzar algun tipus d’estratègia (material per fer una maqueta o una analogia, simulació, etc.) que ajudi a focalitzar la mirada en les propietats del fenomen que interessin i no en d’altres anecdòtiques, per tal d’ajudar a construir un model que l’expliqui i superi les limitacions identificades en la fase d’avaluació.

### 5.2.3.3. La importància d’explicitar les pràctiques d’avaluació i expressió del model

Tot i no tenir una hipòtesi inicial de quina quantitat de temps caldria que es dediqués a cada pràctica de modelització en cada fase de la seqüència (per exemple, que a les primers fases usin i expressin el model i a les fases finals avaluïn i revisin), sí que esperàvem que en la fase on es demanava una pràctica en concret (ex. fase d’avaluació), els alumnes fessin majoritàriament aquella pràctica (ex. avaluar). Els resultats mostren que tot i no fer-se majoritàriament, **els alumnes hi dediquen prou temps a la pràctica promoguda per la fase de la seqüència**. Sorprenentment, hi ha dues ocasions on **a les fases d’avaluació del model** (fase 3) **l’alumnat avalua poc** (8% del temps en un cas i 6% en l’altre cas). Això ens pot indicar un **problema de disseny**, ja que quan la tasca està destinada a aportar proves, creiem que seria adequat que els alumnes s’impliquessin en l’avaluació del model més que en altres pràctiques de modelització (com usar o revisar). A la literatura també s’havia identificat una manca d’avaluació per part de l’alumnat en una fase on es demana especialment avaluar (Louca & Zacharia, 2015). Aquests autors descriuen com els alumnes passen per sobre (“*bypass*”) la fase d’investigació sense avaluar el model perquè senten que ja tenen prou informació per ajudar-los a revisar el seu model i perquè ja han avaluat en fases anteriors. Nosaltres creiem que en el cas dels nostres alumnes pot passar una cosa semblant, ja que sempre que hi ha poca avaluació a la fase d’avaluació, els alumnes han avaluat en fases anteriors. Des del nostre punt de vista, una altra explicació compatible és possible que aquesta pràctica es realitzi de forma **implícita** per l’alumnat i que no l’expressi explícitament, tal i com suggereixen els autors que parlen dels models mentals (Gutierrez, 2005; Kuhn, 2010).

D’igual manera, el fet que en general (en els dos models i en els dos grups) **s’expressi i s’avalui el model menys temps que el dedicat a l’ús i la revisió d’aquest, ens indica que probablement aquestes pràctiques es realitzin de forma més implícita**. Amb això ens referim a que és possible que l’alumnat faci una part de l’avaluació i expressió internament, sense explicitar-les a les discussions, ja que és necessari avaluar el model per poder revisar-lo i perquè el model el tenen expressat al seu cap. Per entendre els models implícits dels alumnes el marc dels models mentals és un marc interessant (Gutierrez, 2005). Alguns autors com Kuhn (2010) parlen de que els alumnes pensen amb les seves teories (o models) més que *sobre* aquestes de manera implícita i sense esforç, i que mentre fan això poden revisar els seus models sense ser conscients de que ho estan fent, i per tant també sense explicitar els seus models previs (expressar) o sense aclarir en què s’han basat per modificar-lo (és a dir, com l’han avaluat).

L’explicitació d’aquestes dues pràctiques és important per diversos motius. En primer lloc, explicitar l’avaluació del model (per ex., preguntant “quin aspecte del model no quadra amb allò que has observat?”) o demanar l’expressió explícita del model (per ex., amb dibuixos, esquemes, etc.) fa que els alumnes siguin més conscients del seu procés de construcció dels models (Schwarz et al., 2009). En segon lloc, des del marc socio-constructivista, tot allò que es porta al pla interpsicològic és més subjecte a crítica, revisió, etc. L’expressió explícita del model facilita doncs **una comunicació adequada i eficaç** per la construcció de models, ja que tal i com afirmen alguns autors, “*quan els models mentals dels alumnes són expressats usant representacions*

*externes, poden ser compartits, criticats i millorats a través d'interaccions amb els participants de classe*" (Oh & Oh, 2011, p. 1123). Aquestes representacions explícites (expressions del model) poden ser construïdes, manipulades o escanejades, mostrant una flexibilitat i control que no tenen les proposicions orals no explícites (per ex., usar el model) (Johnson-Laird, 1980). En tercer lloc, fomentar l'explicitació de l'avaluació que es fa del model és necessari perquè, tal i com defensen molts autors dels àmbits de desenvolupament cognitiu i de didàctica de les ciències (Berland & Reiser, 2011; Duschl & Osborne, 2002; Iordanou & Constantinou, 2014; Lehrer & Schauble, 2005; NRC, 2007; Osborne, Erduran, Simon, & Monk, 2001), el pensament científic és una forma de discurs, i quan l'alumnat participa en aquest **tipus de discurs científic de caire indagatiu/argumentatiu** (on se li pregunta "com ho saps?", "en què et bases per afirmar això?", etc.), adquireix unes habilitats i uns valors que el porten a fer-se aquestes mateixes preguntes a si mateix (Kuhn, 2010) i anar fent-se seva una **manera de raonar crítica que motiva la construcció autèntica de coneixement** (Osborne, 2014).

Aconseguir que l'alumnat avalui i expressi més el model de manera explícita a les discussions amb els companys (és a dir, portar aquestes pràctiques del pla intra-psicològic al pla inter-psicològic) requereix probablement de tasques molt específiques que demanin representar gràficament i parlar de manera explícita en termes del model (expressar) i tasques que demanin avaluar el grau d'ajust amb el fenomen o dades de l'experiment (avaluar). En aquest sentit, creiem que és especialment important que a la fase d'avaluació s'inclouin **demandes més clares i explícites per testejar el model** o avaluar el grau d'ajust del model amb el fenomen; per exemple, recuperant les hipòtesis o dibuixos inicials i preguntant quins aspectes no quadren amb allò observat. També caldria demanar expressions del model en diferents moments de la conversa. En definitiva, **caldria promoure una reflexió més explícita de l'avaluació del model** (on es demanés a l'alumnat específicament posar a prova el seu model) **i fer més demandes de l'expressió explícita del model** (a través de dibuixos, esquemes, etc.). També s'hauria de deixar més temps per permetre aquesta explicitació, la qual no és fàcil. L'ús de la qualitat multimodal, no només verbal (Márquez et al., 2003) com els dibuixos, els gestos, les maquetes, les simulacions, etc. ens sembla també interessant. Per últim, fer ús d'altres eines importants a la classe de ciències, com per exemple les noves tecnologies (pissarra digital, tauletes, etc), ens pot permetre recollir amb facilitat l'expressió del model de cadascú i discutir-ho en grup eficaçment (Grimalt Álvaro, 2015).

#### 5.2.3.4. La participació dinàmica i complexa en les diferents pràctiques de modelització

Els resultats han mostrat que **els patrons de variació de la pràctica de modelització al llarg d'una discussió no són lineals i ordenats sinó més aviat desordenats i dinàmics**, anant endavant i en darrere contínuament. Això està en desacord amb l'ordre establert per altres autors, com el de construir-usar-avaluar-revisar (Campbell & Oh, 2015; Louca et al., 2011; Schwarz et al., 2009) o generar-avaluar-revisar (GEM) (Clement, 2008b; Khan, 2007), on després de revisar el model es comença un nou cicle de modelització. Aquesta anàlisi més en profunditat ens mostra que, tot i que el cicle instruccional pot proposar una seqüència teòrica (on es vagin succeint un seguit de mini-cicles de modelització) que en termes generals (anàlisi global) l'alumnat segueix, quan fem una anàlisi més concreta o "micro" de la discussió, veiem que **l'alumnat s'involucra en una pràctica molt més dinàmica, complexa i fluida, on aquest ordre de generar-avaluar-revisar (GEM) no es dona** (per ex., no sempre després d'expressar el model l'avaluen i després el revisen, etc.). Amb això ens referim, per exemple, a que tot i haver expressat el seu model inicial, quan l'alumne es troba davant d'un fenomen paradigmàtic pot expressar idees del seu model inicial que abans no havia comentat; o que tot i que l'alumne es trobi en la fase d'expressar el model, un record de la seva experiència quotidiana li pot fer replantejar-se i qüestionar aspectes del model que acaba d'expressar, tot i no estar en la fase d'avaluació. Aquesta manca d'iterativitat ordenada ja l'han observat altres autors (Louca & Zacharia, 2015), que parlen d'una participació en les pràctiques que va endavant i en darrere sense cap ordre, tal i com s'observa en els nostres patrons.

Tot i això, sí que s'observen una **tendència general a seguir el cicle de modelització**, ja que a les primeres fases de la seqüència instruccional (fase 2 i 3) l'alumnat habitualment inicia la conversa usant i expressant el seu model, i a continuació avalua i revisa el model; i a les fases més avançades de la seqüència (fase 4 i 5) l'alumnat s'involucra sobretot en expressar, avaluar i revisar el model.

#### 5.2.3.5. La influència dels grups en el temps dedicat a cada pràctica i en els patrons de modelització

En primer lloc, s'observa que **no hi ha diferències significatives en els patrons de variació de les pràctiques de modelització entre els dos models**. Des de la nostra perspectiva, això reafirma i està en sintonia amb el marc propi de pràctica científica, on una cosa són els conceptes (models) i una altra cosa són les pràctiques (modelització), i per tant és esperable que no s'observi una influència del model en la pràctica de modelització en la qual s'involucra l'alumnat durant les discussions d'aula.

En canvi, els resultats sí que mostren una influència del grup de treball en la participació en les diferents pràctiques. En relació al **temps dedicat a cada pràctica, el G1 hi dedica més temps a explicar el fenomen a nivell concret i local (utilitzar el model)**, i menys temps a qüestionar-lo, a trobar limitacions i mancances o a posar-lo a prova (avaluar el model), i a continuació a modificar-lo i millorar-lo (revisar el model), **mentre que el G2 hi dedica més temps a avaluar i revisar el seu model**. Seria esperable que aquesta major revisió i avaluació del model portés al G2 a construir versions més sofisticades del model o de manera més fonamentada que el G1, que es queda amb unes pràctiques que no fan modificar tant el model.

D'altra banda, en l'anàlisi detallat de les tasques s'observa un patró interessant que no sembla estar influenciat per la fase de la seqüència o pel model però sí pel grup de treball: **l'avaluació i revisió repetitiva del model. Concretament, el G2 s'involucra més en cicles iteratius d'avaluació i revisió**. Aquest patró iteratiu de modelització (ava-rev) creiem que correspon a una **manera de parlar més indagativa i crítica ("inquiry stance")** (Kelly, 2013) o com alguns autors indiquen (Louca & Zacharia, 2015), **més pròpia d'experts en modelització**, ja que involucrar-se en cicles iteratius d'avaluació i revisió (qüestionar i avaluar el model en base a proves i a continuació el modificar-lo en funció d'aquestes) és un tipus de discurs o raonament molt propi dels científics. Si tenim en compte que aquesta revisió no deixa d'incloure una expressió més sofisticada del model que dona peu a l'avaluació posterior, veiem que aquest patró ressona amb els cicles identificats a la literatura per diversos autors de expressió (o generació), avaluació i revisió (Clement, 2008b; Khan, 2007). El fet que sigui un patró tan característic del raonament científic (discurs indagatiu) o dels "experts en modelització" ens fa concloure que es tracta d'un **patró de modelització interessant**, adequat i desitjable a l'aula.

En línia amb el que s'ha comentat a en paràgrafs anteriors sobre les pràctiques de modelització implícites (Gutierrez, 2005; Kuhn, 2010), de nou podem entendre que en el casos on aquests patrons d'avaluació i revisió continuada no s'han donat, i per tant, on l'alumnat no mostra una avaluació abans de revisar el model (per exemple, quan expressa o usa el model i a continuació el revisa) en realitat interiorment probablement sí avalua el model però de manera implícita, ja que la revisió s'ha de fer en base a algun tipus d'avaluació interna o mental del model que porti a l'alumnat a voler canviar el seu model. Tal i com hem justificat en els paràgrafs anteriors, explicitar aquesta avaluació és important per diversos motius, i de fet podem considerar que el grup que és capaç d'explicitar la pràctica d'avaluació arribarà a unes conclusions i a un model revisat de manera més conscient i fonamentada que aquell grup que faci una avaluació implícita, situació en la qual els alumnes possiblement no siguin conscients de quines són concretament les limitacions del model i els motius que els han dut a modificar el seu model.

En resum, podem dir que la varietat de patrons de modelització que es donen no segueixen un ordre concret (en termes generals, tot i que sí s'observen alguns patrons o tendències generals) i les diferències obtingudes

entre els diferents grups i les diferents fases de la seqüència instruccional suggereixen que la capacitat de participar en les diferents pràctiques de modelització, igual que la capacitat d'usar altres estratègies associades al pensament científic, no és igual per a tots els alumnes i no és consistent en diferents contextos (o fases de la seqüència), tal i com s'ha identificat en altres estudis (Louca & Zacharia, 2015; NRC, 2007). A més, el camí per aconseguir desenvolupar aquestes pràctiques, pel fet de tenir una naturalesa tan complexa, multifacètica i de realització molt variada, és llarg i requerirà de molt de temps per tal d'assolir-se adequadament, fins i tot de tota una vida (Schauble, 1996, citat per NRC, 2007, p. 159).



### 5.3. Resultats i discussió respecte els models

En aquest apartat es presenten i discuteixen els resultats respecte la variació del domini dels models. L'anàlisi realitzada en aquest apartat ha estat de tipus analítica (utilitzant unitats d'anàlisi molt petites) i quantitativa d'unes dades qualitatives, la qual cosa ens ha permès representar en freqüències, percentatges i patrons les variacions dels models al llarg del temps, tant a una escala gran de seqüència com a escala petita de cada discussió en cada moment.

En el primer apartat (5.3.1.) presentem les progressions empíriques dels diferents sub-models que componen els models de canvi químic i de flotació. En els apartats a continuació (5.3.2. i 5.3.3.) mostrem en quines versions del MCE apropiat se situen els grups d'alumnes analitzats (G1 i G2) al llarg de les seqüències, primer de manera global (evolució global) sense distingir entre grups, i després de manera individual (evolució individual), comparant tendències dins dels grups i entre grups. Finalment, en l'últim apartat d'aquesta secció (5.3.4.) ens endinsem en cada moment de la seqüència i mostrem els patrons de canvi del model que es donen a les discussions (és a dir, com va variant el model del grup dins de cada moment de la seqüència).

Amb l'objectiu de facilitar la lectura dels resultats, a la Taula 26 es presenten tots de gràfics obtinguts en aquest apartat de models, ordenats segons l'ordre d'aparició en aquest apartat. En ella s'inclou el nom de cada tipus de gràfic (cel·les amb fons blanc) i dins de cadascun, el nom i número concret de cada gràfic (cel·les de colors), que és el nom usat per referir-nos a cadascun dels gràfics inclosos en aquest apartat.

	Model Canvi Químic			Model Flotació		
	Situació	Grup	Nom del gràfic	Situació	Grup	Nom del gràfic
<b>MODELS</b>			<i>Gràfic 6. Evolució global del model al llarg de la seqüència</i>			<i>Gràfic 7. Evolució global del model al llarg de la seqüència</i>
	M1,M2, M3,M4, M5	G1 i G2	#19. Canvi Q (Macro) #20. Canvi Q (Micro-físic) #21. Canvi Q (Micro-químic)	M1, M2, M3, M4, M5	G1 i G2	#22. Flot (Densitat) #23. Flot (Forces)
			<i>Gràfic 8. Evolució <u>individual</u> del model al llarg de la seqüència</i>			<i>Gràfic 9. Evolució <u>individual</u> del model al llarg de la seqüència</i>
	M1, M2, M3, M4, M5	G1 G2 G1 G2 G1 G2	#24. Canvi Q (Macro) – G1 #25. Canvi Q (Macro) – G2 #26. Canvi Q (Micro-físic) – G1 #27. Canvi Q (Micro-físic) – G2 #28. Canvi Q (Micro-químic) – G1 #29. Canvi Q (Micro-químic) – G2	M1, M2, M3, M4, M5	G1 G2 G1 G2	#30. Flot (Densitat) – G1 #31. Flot (Densitat) – G2 #32. Flot (Forces) – G1 #33. Flot (Forces) – G2
			<i>Gràfic 10. Patrons de variació del model</i>			<i>Gràfic 11. Patrons de variació del model</i>
	M2 macr.	G1 G2	#34. Canvi Q – M2 (macro) – G1 #35. Canvi Q – M2 (macro) – G2	M1	G1 G2	#40. Flot – M1 – G1 #41. Flot – M1 – G2
	M1 micr.	G1 G2	#36. Canvi Q – M1 (micro) – G1 #37. Canvi Q – M1 (micro) – G2	M2	G1 G2	#42. Flot – M2 – G1 #43. Flot – M2 – G2
	M3	G1 G2	#38. Canvi Q – M3 – G1 #39. Canvi Q – M3 – G2	M3 forc.	G1 G2	#44. Flot – M3 (forces) – G1 #45. Flot – M3 (forces) – G2
				M3 dens.	G1 G2	#46. Flot – M3 (densitat) – G1 #47. Flot – M3 (densitat) – G2

**Taula 26:** Resum dels gràfics inclosos als resultats sobre els mecanismes d'influència didàctica

Segons ordre d'aparició: Nom de cada tipus de gràfic (cel·les fons blanc) i nom i número concret de cada gràfic (cel·les de colors).



### 5.3.1. Progressions aprenentatge empíriques dels models de canvi químic i flotació

Les progressions presentades en aquest apartat són alhora resultats de la recerca en si mateixos (per això les anomenem progressions empíriques) i categories d'anàlisi que ens han servit per determinar la versió del model en la qual estan els alumnes en cada moment (resultats 5.3.1., 5.3.2. i 5.3.3..).

Tot i que la seqüència didàctica està dissenyada per tal d'anar treballant les idees del model (MCE) progressivament i poc a poc, l'objectiu didàctic no és que l'alumnat sigui capaç de recitar aquestes idees de manera teòrica i aïllada, sinó que construeixi un model complet i aplicat a fenòmens, és a dir, el **MCE apropiat o desitjat**. De fet, durant el procés de construcció del model (quan l'alumnat discuteix) no ho fa només en termes de les idees del model que es volen treballar en aquella tasca, sinó que en la ment de l'alumne ja hi ha una versió del model que inclou totes les idees. És a dir, l'alumnat intenta explicar els fenòmens en termes globals o complets del model, utilitzant una versió del MCE apropiat. El grau d'assoliment d'aquest objectiu (és a dir, com de a prop es troba l'alumnat del MCE apropiat) es pot mesurar identificant els nivells d'explicació que donen els alumnes, és a dir, a través de definir una **progressió d'aprenentatge empírica**, on les possibles versions del MCE apropiat conformen diferents nivells.

Les diferents versions o nivells del MCE apropiat s'han seqüenciat per definir les progressions empíriques presentades a continuació, i és el model que l'alumnat expressa, utilitza, avalua o revisa quan discuteix entorn un fenomen proposat o quan es troba davant d'una tasca per escrit.

Cada progressió consta de 4 nivells, del menys sofisticat o ancoratge inferior (nivell 1) al més sofisticat o ancoratge superior, que correspon al MCE apropiat (nivell 4). Les progressions inclouen diversos aspectes: el nom de la categoria (codi utilitzat a l'anàlisi i nom resum de la categoria), la definició de la categoria (explicació detallada d'aquell nivell del model), exemples de resposta per a cada nivell (extrets de respostes reals dels alumnes) i la fita o la idea que s'ha superat en cada nivell.

#### 5.3.1.1. Progressions d'aprenentatge empíriques del model de Canvi Químic

Pel model de canvi químic s'han identificat tres sub-models del MCE apropiat: un a nivell macroscòpic o "macro" (model descriptiu o en termes de propietats) i dos a nivell microscòpic o "micro" (model interpretatiu o en termes abstractes).

A continuació es presenten en ordre les tres progressions d'aprenentatge empíriques del model de canvi químic: 1) sub-model macro, 2) sub-model micro - canvi físic i 3) sub-model micro - canvi químic.

Progressió d'aprenentatge del SUB-MODEL MACRO (model de canvi químic a nivell Macroscòpic)				
Nivell model	Categoria	Definició de la categoria	Exemple de resposta	Fita/idea superada
4	<b>Canvi-M 4. Conservació o no de la substància – identificació de propietats</b>	La diferència entre canvis físics i químics s'explica per la conservació o no de la substància, i hi ha certes propietats que ens poden donar indicis del tipus de canvi (color, olor, gust, estat d'agregació, efervescència...) En els canvis físics és la mateixa substància abans i després perquè hi ha moltes propietats intenses que es	- "Cremar cartró és una combustió. Veiem que les propietats intenses del material (ex. el color) canvien, fet que ens mostra que s'està produint un canvi químic" (B23, 5:1) - "Mullar cartró és un canvi físic perquè les propietats intenses no canvien, segueix ser cartró, té la mateixa olor, per exemple." (B24, 6:1) - "Això és com quan s'ajunta el iodur de plom i l'altre compost, que formen un color diferent i per tant s'ha format una cosa nova" (C15, 60:22)	<b>Identifica adequadament les propietats que serveixen per saber si la substància s'ha conservat o no</b>

		<p>conserven (com en els canvis d'estat, de posició, el trencament, la dilatació o la dissolució), en els canvis químics es forma una nova substància perquè moltes propietats intensives no es conserven (com en la oxidació, combustió, o eferescència).</p>	<p>- "Quan surt tot aquell gas em fa pensar que és una reacció química" (C11, 60:27)</p> <p>- "Jo crec que és un canvi químic perquè de seguida efervesceix, hi ha un canvi de color..." (B23, 61:10)</p>	
3	<b>Canvi-M 3. Conservació o no de la substància - en general</b>	<p>La diferència entre canvis químics i físics s'explica per la conservació o no de la substància o propietats (sense especificar). En els canvis físics la substància o propietats no canvien i en els canvis químics la substància o propietats canvien.</p>	<p>- "Canvi físic és quan la matèria és invariable" (B24, 41:5)</p> <p>- "Barrejar aigua i sal és una dissolució i és un canvi químic perquè s'uneixen els dos materials i fan una altra cosa nova: és aigua salada." (C15, 39:7)</p> <p>- "Cremar fusta és un canvi químic perquè es transforma en una cosa diferent" (C15, 39:7)</p> <p>- "L'aigua amb sal, aparentment, no es transforma en res nou, per tant és físic" (C13, 39:15)</p> <p>- "Quan cremes canvis de composició i quan dilates no, és ferro igual" (B22, B24, 41:11)</p> <p>- "Quan cremes fusta, esdevé carbó. En canvi quan dilates ferro és físic perquè el material és el mateix, simplement s'obre" (C13, 39:17)</p> <p>- "No veig com la benzina es crema per fer una substància nova. No fa res nou. Això és lo químic: la fusta fa cendra" (B24, 42:5)</p>	<p><b>Identifica la idea de conservació de la substància com la clau per explicar i classificar els canvis</b></p>
2	<b>Canvi-M 2. Explicacions que s'allunyen del MCE apropiat (irreversibilitat, simultaneïtat o altres)</b>	<p>S'explica la diferència entre canvis químics i físics per idees que no són la conservació de la substància:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la possibilitat o no de recuperar les substàncies inicials (en el canvi químic hi ha desaparició de les substàncies inicials mentre que en el canvi físic podem recuperar-les).</li> <li>- la simultaneïtat de canvis físics i químics en una mateixa interacció entre 2 substàncies.</li> <li>- el manteniment o no de propietats no adequades (canvi de forma, d'aspecte, de massa, etc.)</li> <li>- l'acció feta a la substància (aplicar força, calor, etc.)</li> </ul>	<p>- "Cremar fusta és un canvi químic perquè desapareix" (B24, 41:3)</p> <p>- "El te és aigua infusionada: en l'aigua hi ha un canvi físic perquè li fiques el te, i a l'herba un canvi químic, perquè canvia molt" (B21, 42:18, 42:23)</p> <p>- "Al principi quan [la pastilla efervescent] reacciona, és químic, però després quan es queda estable ja és físic" (C11, 60:33)</p> <p>- "Primer tenim fusta i després fusta cremada, és com el gel: hi ha aigua i aigua desfeta, o com dilatar el ferro" (B21, B22, 41:6)</p> <p>- "Un canvi químic és quan es barregen els elements, quan fas barreges. I físic és el canvi d'estat." (B21, 41:4)</p> <p>- "Si l'escalfes [el ferro], has de posar foc. Llavors ja passa a ser una altra cosa." (C11, 39:19)</p> <p>- "És un canvi físic perquè es segueix veient</p>	<p><b>Dóna una explicació basada en alguna idea teòrica</b></p>

			<i>transparent, hi ha la mateixa quantitat..." (C12, 39:4) "Creumar fusta també és físic, no? Home, canvia de color, de forma..." (C12, 39:12 i 39:14).</i>	
1	<b>Canvi-M 1. No explicat</b>	No s'explica la diferència entre canvis químics i físics a nivell macro (no es basa en cap propietat o no explica el perquè) o no es veu la necessitat d'explicar-ho.	- C13: "Tallar una poma en què hem quedat? És físic o químic?" – C14: "Físic." (40:13)	No dóna cap explicació

Taula 27: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "macro" de canvi químic

Progressió d'aprenentatge del SUB-MODEL MICRO FÍSIC (model de canvi químic a nivell microscòpic, canvis físics)				
Nivell model	Categoria	Definició de la categoria	Exemple de resposta	Fita/idea superada
4	<b>Canvi-mf 4. Conservació de la partícula i modificació de la disposició</b>	Els canvis físics s'expliquen com a conservació de la naturalesa de les partícules, però amb una possible modificació de la seva disposició (posició, velocitat, distància relativa...)	- "En el canvi físic [dilatació del ferro] les molècules no varien, l'únic que es separen" (B22, 42:10) - "Quan mullem cartró les partícules d'aigua es fiquen entre les del cartró" (C12, 8:1)	Identifica el tipus de modificació a nivell micro
3	<b>Canvi-mf 3. Conservació de la partícula i de la disposició</b>	Els canvis físics s'expliquen com a manteniment de la disposició i la naturalesa (configuració) de les partícules i per tant, no hi ha cap canvi a nivell micro.	- "En el cas de la llet amb colacao, ni les partícules de la llet ni la seva disposició han canviat [...] un canvi físic no implica canvis ni en la disposició ni en els enllaços de les partícules" (B21, 21:3)	Té visió de conservació de la substància a nivell micro
2	<b>Canvi-mf 2. Visió macro de les partícules</b>	Els canvis físics s'expliquen com a modificació física de les partícules (trencades, inflades, encongides, desaparegudes, etc.)	- "Quan tallem una poma les partícules es trenquen, perquè si just pilles pel mig d'una partícula, la talles" (C13, 40:1) - B23: "[en la dilatació del ferro] es dilaten les molècules"- B21: "sí, com que es fan més grans" (42:7)	Dóna explicació micro basada en alguna idea teòrica
1	<b>Canvi-mf 1. No explicat</b>	No s'expliquen els canvis físics a nivell micro o no veuen la necessitat d'explicar-ho.		No dóna cap explicació

Taula 28: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "micro-físic" de canvi químic

Progressió d'aprenentatge del SUB-MODEL MICRO QUÍMIC (model de canvi químic a nivell microscòpic, canvis químics)				
Nivell model	Categoria	Definició de la categoria	Exemple de resposta	Fita/idea superada
4	<b>Canvi-mq 4. Recombinació interna de les partícules i conservació de massa</b>	Els canvis químics s'expliquen com a recombinació dels àtoms o elements (canvis en la configuració interna de les partícules), on la massa es conserva (no es crea ni es destrueix res). Els àtoms d'abans i de després són els mateixos però	- "En cremar cartró, la configuració interna de les partícules ha canviat ja que els àtoms s'han recombinat." [en el dibuix les partícules estan compostes de diferents àtoms que es mantenen abans i després de la reacció però s'agrupen de manera diferent] (B21,	Identifica què es modifica (elements) i què es manté (partícula i massa)

		estan combinats de diferent manera.	3:1, 3:4)	
3	<b>Canvi-mq 3. Combinació d'alguna cosa i certa idea de conservació de massa</b>	Hi ha una idea de combinació de les substàncies, elements i/o partícules (canvi de disposició o de configuració interna) i una idea de conservació de la massa, però no del tot clara (la massa es conserva però apareix i desapareix algun àtom, o es reordenen àtoms però no se sembla conservar la massa)	- <i>"Part de l'oxigen de l'aigua o del carboni ha marxat amb l'efervescència"</i> (C13, 60:37) - <i>"Quan es crema cartró les partícules inicials han canviat (les que no es veuen no han desaparegut, estan en forma de gas). Per cada 3 partícules de cartró i 3 d'oxigen obtenim 2 partícules de CO<sub>2</sub>, 2 partícules de vapor d'aigua i 2 partícules de cendra"</i> [en el dibuix, cada partícula té un color diferent i no es veu cap recombinació] (B22, 4:1, 4:5) - <i>"Les partícules de cartró entren en contacte amb les del foc i l'oxigen i es reordenen emetent vapor d'aigua i CO<sub>2</sub> [en el dibuix, alguna partícula es manté igual a l'inici i al final, i altres apareixen després de la reacció]"</i> (C12, 8:1, 8:3)	<b>Identifica la transformació com una combinació de coses que ja hi eren</b>
2	<b>Canvi-mq 2. Transformació d'alguna cosa i idea de conservació de massa poc clara</b>	Els canvis químics s'expliquen com a transformació/ aparició/desaparició d'elements, substàncies i/o partícules (no queda clar si hi ha visió de les partícules micro o com alguna cosa macro). Les partícules desapareixen, apareixen, canvien de forma, de color, de mida, etc. No queda clar si la massa es conserva.	- C15: <i>"Primer es veuen les boletes [partícules] més gordetes. I després es veuen les boletes deformades."</i> - C12: <i>"Aixafades, com cremadetes [...] negres"</i> (40:22) - <i>"No ha sortit res de gas [de l'ampolla] però pesa menys el que hi ha aquí [a l'aire de l'ampolla] que el que hi havia abans aquí [a l'aigua]"</i> (C13, 60:50)	<b>Dóna explicació basada en una idea de transformació</b>
1	<b>Canvi-mq 1. No explicat o visió d'alliberament</b>	No s'expliquen els canvis químics a nivell micro, o no veuen la necessitat d'explicar-ho, o per exemple, què es creu que els productes ja hi eren en els reactius (fum en la fusta, gas en el sòlid, etc).	- <i>"[El gas abans de la reacció] estava en el comprimit"</i> (C13, 60:58)	<b>No dóna cap explicació</b>

**Taula 29:** Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "micro-químic" de canvi químic.

### 5.3.1.2. Progressions d'aprenentatge empíriques del model de Flotació

Pel model de flotació s'han identificat dos sub-models del MCE apropiat, un en termes de densitat (model descriptiu o en termes de propietats) i un en termes de forces (model interpretatiu o en termes abstractes). A continuació es presenten en ordre les dues progressions d'aprenentatge empíriques del model de flotació: 1) sub-model densitat, 2) sub-model forces.

Progressió d'aprenentatge del SUB-MODEL DENSITAT (model de flotació en termes de densitat)				
Nivell model	Categoria	Definició de la categoria	Exemple de resposta	Fita/idea superada
4	<b>Flot-D 4. Densitat relativa correcta</b>	La flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid i l'objecte. La densitat real d'un objecte és la combinació de les densitats dels materials que el formen. Si l'objecte té menys densitat que el líquid, sura. Si té més densitat que el líquid, s'enfonsa. Si té la mateixa densitat que el líquid, es queda surant dins el fluid.	<p>- "Les boles són més denses que l'aigua segur. Llavors, el fet de que siguin més denses fa que amb menys volum, sense omplir el got de boles, arribem a trobar el punt d'equilibri abans" (B21, 63:15)</p> <p>- "La pilota que sura és perquè la suma dels seus components és molt menys densa que el líquid (aigua) en que està submergit. La pilota que sura menys n'és perquè la suma dels seus components és lleugerament menys que el líquid (aigua) en que s'ha submergit." (C11, 7:6)</p> <p>- "Veiem que gairebé tota la llauna està submergida, per tant podem deduir que la densitat de l'aigua i la coca-cola light és molt similar. Ara bé, la de la llauna ha de ser una mica inferior, per això tot i estar gairebé completament submergida, no s'enfonsa, sinó que flota." (B21, 30:1)</p> <p>- La densitat de la llauna és aprox. un 5% menor que la de l'aigua, per això la llauna sura i deixa una petita part fora de l'aigua.[...]" (C15, 38:1)</p>	<b>Identifica adequadament la relació entre densitat de l'objecte i la del fluid</b>
3	<b>Flot-D 3. Densitat relativa incorrecta</b>	La flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid i l'objecte però amb usos inadequats. Quan un objecte sura més que un altre, el primer té més densitat que l'aigua i l'altre menys. Un objecte s'enfonsa (o sura) perquè un dels seus components és més (o menys) dens que l'agua.	<p>- "La pilota amb aire sura perquè la densitat es inferior a la del fluid (aigua). En canvi la pilota amb l'alcohol sura poc, ja que la seva densitat és superior a la del fluid (aigua) del recipient" (C13, 9:5)</p> <p>- "La coca-cola normal conté sucre i la segona edulcorants. El sucre és més dens que els edulcorants respecte l'aigua, així la coca-cola normal s'enfonsa i l'altra no." (C14, 37:1)</p>	<b>Identifica el paper del fluid en la flotació del cos</b>
2	<b>Flot-D 2. Densitat de l'objecte</b>	La flotabilitat depèn de la densitat de l'objecte, o de la massa respecte el volum, o del material del que està fet l'objecte. Si l'objecte és poc dens, sura. Si és molt dens, s'enfonsa. Per a un mateix volum, l'objecte que pesa més s'enfonsa. Per a una mateixa massa, el que sigui més gran, sura. Si l'objecte està fet d'un material lleuger, sura; si està fet d'un material pesant s'enfonsa.	<p>- "La densitat dels gasos és menor que la dels líquids, així que la pilota amb aire s'enfonsa menys que la pilota plena d'alcohol" (C14, 10:6)</p> <p>- "L'aigua pesa més que l'aire que hi havia dins del got [per això ara s'enfonsa més fàcilment]." (C12, 43:8)</p> <p>- "Tu necessites el total d'aigua per tal de que estigui en equilibri [el got], en canvi amb les boles [metàl·liques] amb aquest poc volum aconseguixes el mateix." (C15, 62:5)</p> <p>- C15: "Ni amb el doble de volum [de pilotes que l'aigua]... s'enfonsa [el got]" - C11: "son molt poc denses" (62:7)</p>	<b>Identifica la propietat de l'objecte que és rellevant (densitat)</b>

1	<b>Flot-D 1. Propietat de l'objecte incorrecte (Massa o volum o altres)</b>	<p>La flotabilitat depèn només de la massa, del volum/grandària o d'altres factors (forma, superfície, consistència o estat del material del que està fet l'objecte). Si l'objecte és pesat o gran, s'enfonsa. Si l'objecte és aplanat, sura; però si és quadrat o punxegut, s'enfonsa. Si l'objecte és tou, sura; si és dur, s'enfonsa. Si l'objecte conté aire, sura; si està conté un líquid, s'enfonsa.</p>	<p>- C11: "Per què ara no em costa enfonsar el got [quan està ple d'aigua]? – C12: "Perquè no hi ha volum d'aire. Perquè el got està ple d'aigua."</p>	<p><b>Dóna explicació en base a una propietat de l'objecte</b></p>
---	---	---	--	--

Taula 30: Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "densitat" de flotació

Progressió d'aprenentatge del SUB-MODEL FORCES (model de flotació en termes de forces)				
Nivell model	Categoria	Definició de la categoria	Exemple de resposta	Fita/idea superada
4	<b>Flot-F 4. Equilibri i dinamisme</b>	<p>La flotabilitat és una situació d'equilibri a la qual s'hi arriba depenent de la relació entre pes i empenta. El pes és fix (depèn de la massa). L'empenta és variable (depèn del volum submergit i és equivalent al pes de l'aigua desplaçada) i va augmentant a mida que l'objecte s'enfonsa fins a un màxim que pot o no equilibrar el pes. Mentre s'enfonsa un objecte, el pes és major a l'empenta, però quan ja està enfonsat, les forces implicades es contraresten. Mentre puja un objecte, l'empenta és major al pes, però a mesura que l'objecte surt de l'aigua, l'empenta disminueix i s'acaba igualant al pes.</p>	<p>"Quan el got està ple d'aigua, en comptes de fer-la tu, la força, la fa el pes [de l'aigua de dins del got], però fa la mateixa força que si tu l'empenyessis. I rep la mateixa empenta perquè realment l'està enfonsant [en els dos casos] fins la mateixa profunditat" (C11, 43:20)</p> <p>"En el cas del got ple d'aigua, el pes és major, llavors hi ha més força. I com hem dit que com més hi ha enfonsat més empenta hi ha, llavors l'empenta també és més gran. En aquest cas [got mig ple d'aigua] passa al contrari. Hi ha menys pes, llavors menys força, les fletxes [del dibuix] més petites. El got està menys enfonsat; l'empenta és més petita també i les fletxes més curtes." (A15, 59:11)</p> <p>"L'empenta serà superior en el cas de la pilota amb alcohol ja que el volum submergit (l'aigua que desplaça) també és superior [al de la pilota amb aire]. El pes de la pilota amb aire és igual al pes del volum submergit fet d'aigua. Per tant, el pes de la pilota d'alcohol és superior al pes de la pilota amb aire. En els dos casos la força del pes i l'empenta es contraresten, per això les pilotes estan en equilibri." (B23, 5:8)</p> <p>"Les forces que intervenen son el pes i l'empenta. Com més submergit estigui l'objecte més força d'empenta hi haurà. Per tant, la força d'empenta és proporcional a la del pes del volum submergit, però com que la força del pes és tan alta, trenca l'equilibri entre forces provocant que la força del</p>	<p><b>Identifica l'equilibri dinàmic de les forces i té clara la naturalesa a del pes i l'empenta</b></p>



			<i>pes venci a la d'empenta i la coca-cola s'enfonsi."</i> (B23, 32:1)	
3	<b>Flot-F 3. Equilibri</b>	La flotabilitat s'explica per un equilibri estàtic de forces entre pes i empenta. No queda clar si el pes és fix (depenent de la massa) ni si l'empenta és variable (depenent del volum submergit o depenent del pes) o sempre la mateixa, i per tant no es té la visió dinàmica de flotabilitat. Quan un objecte sura, el pes i l'empenta es contraresten, són iguals. Com més pes tingui un objecte, més empenta farà l'aigua [empenta igual a pes].	<p><i>"La llauna sura perquè el pes i l'empenta es poden contrarestar (s'equilibren)"</i> (C11, 34:1)</p> <p><i>"La força que fa l'aigua sempre és la mateixa, en un cas [el got mig ple] i en un altre [el got ple]"</i> (B24, 54:2)</p> <p><i>"L'empenta [en el cas del got buit i el got ple enfonsats fins la vora] és la mateixa. [L'empenta de l'aigua] intenta lo mateix però com pesa tant [el got ple d'aigua], no pot"</i> (C11, 43:15)</p> <p><i>"Com que varia el pes, varia l'empenta. L'aigua està igual de forta però depenent del que tu empenyis farà més o menys força"</i> (C15, 43:18)</p> <p><i>"L'empenta també varia: si tu poses més pes serà major que si poses menys pes"</i> (B21, 53:15)</p>	<b>Identifica l'equilibri entre les dues forces</b>
2	<b>Flot-F 2. Desequilibri de forces</b>	La flotabilitat s'explica per un desequilibri absolut entre les forces pes i empenta, o per una lluita de forces on no es parla d'equilibri. L'empenta és major com més sura l'objecte o com més líquid hi hagi a sota. Quan un objecte sura, l'empenta guanya al pes; quan un objecte està enfonsat (o s'enfonsa parcialment), el pes guanya a l'empenta.	<p><i>"Les forces implicades són la força de l'aigua contra la meva, és com una lluita"</i> (B21, 56:5)</p> <p><i>"Costa fer un forat en l'aigua. Quan vaig a fer una immersió [submarinisme] jo m'haig de posar pesos per enfonsar-me perquè si no l'aigua em fa així [gest cap amunt] [...] Jo al meu cos li aplico una força igual que tu l'apliques al got."</i> (C13, 55:23)</p> <p><i>"La força de la mà és major a l'empenta perquè aconseguixo que [el got] no surti"</i>(B21, B22, 57:6)</p> <p><i>"Si poses el got ple d'aigua però no fins dalt de tot, la de l'empenta guanya una miqueta. Per això es torça el got"</i> (B21, 53:2)</p> <p><i>"L'empenta és major que l'atracció de la pilota amb aire [el pes], i per això sura. Amb la pilota amb alcohol succeeix justament el contrari"</i> (C14, 10:11)</p> <p><i>"La llauna sura perquè l'empenta és més gran que el pes de la llauna."</i> (C13, 36:1)</p>	<b>Identifica que hi interveuen dues forces (pes i empenta)</b>
1	<b>Flot-F 1. Una força que fa surar o enfonsar-se</b>	Flot-F 1. La flotabilitat s'explica per una força que fa surar o enfonsar-se (pes o empenta, o altres forces que influencien l'objecte com la pressió de l'aire, la tensió superficial o la pressió lateral de l'aigua) L'empenta és una força que "pressiona" els objectes pel voltant, o és major com més sura l'objecte o com més líquid hi hagi a sota. Quan un objecte s'enfonsa és perquè pesa. Quan un objecte sura és	<p>- C11: <i>"Per què ara no em costa enfonsar el got [quan està ple d'aigua]?"</i> – C14: <i>"Perquè l'aigua [de dins del got] pesa"</i> (43:3)</p> <p>- <i>"En realitat [sura] és perquè l'aigua està fent força, no?"</i> (B22, 56:2)</p> <p>- <i>"Si només hi ha 2mm d'aigua a sota del got... tanta força fan 2mm d'aigua? Sembla més lògic que quan hi ha més aigua a baix hi hagi més resistència que no ara que hi ha poca aigua."</i> (C15, 55:16)</p> <p>- <i>"Ara hi ha més resistència [de l'aigua] perquè hi ha més volum d'aigua en contacte amb el got que empeny [amunt]"</i> (C11, 55:28)</p> <p>- <i>"L'aigua dels voltants [del got] és quasi igual o més important que l'aigua que hi ha a baix, perquè</i></p>	<b>Dóna explicació en base a una força</b>



		perquè l'aigua l'aguanta. L'aire fa força sobre l'objecte. La tensió superficial aguanta. Les forces laterals de l'aigua empenyen l'objecte amunt.	<i>si no, no m'ho explico."</i> (C15, 55:29)	
--	--	--	--	--

**Taula 31:** Progressió d'aprenentatge empírica del sub-model "forces" de flotació

### 5.3.1.3. Resum de les progressions d'aprenentatge empíriques dels dos models

Per tal de facilitar la interpretació dels resultats, mostrem a continuació una taula resum de les progressions d'aprenentatge empíriques dels tres sub-models de canvi químic i els dos sub-models de flotació. A la taula 32 s'indiquen els 4 nivells de les progressions i els noms de les categories de cada sub-model.

Nivell model	Nom de la Categoria				
	MODEL CANVI QUÍMIC			MODEL FLOTACIÓ	
	Macroscòpic (descriptiu)	Microscòpic (interpretatiu)		Densitat (descriptiu)	Forces (interpretatiu)
	Canvi físic i químic	Canvi físic	Canvi químic		
4	<b>Canvi-M 4. Conservació o no de la substància – identificació de propietats</b>	<b>Canvi-mf 4. Conservació de la partícula i modificació de la disposició</b>	<b>Canvi-mq 4. Recombinació interna de les partícules i conservació de massa</b>	<b>Flot-D 4. Densitat relativa correcta</b>	<b>Flot-F 4. Equilibri i dinamisme</b>
3	<b>Canvi-M 3. Conservació o no de la substància - en general</b>	<b>Canvi-mf 3. Conservació de la partícula i de la disposició</b>	<b>Canvi-mq 3. Combinació d'alguna cosa i certa idea de conservació de massa</b>	<b>Flot-D 3. Densitat relativa incorrecta</b>	<b>Flot-F 3. Equilibri</b>
2	<b>Canvi-M 2. Explicacions que s'allunyen del MCE apropiat (irreversibilitat, simultaneïtat o altres)</b>	<b>Canvi-mf 2. Visió macro de les partícules</b>	<b>Canvi-mq 2. Transformació d'alguna cosa i idea de conservació de massa poc clara</b>	<b>Flot-D 2. Densitat de l'objecte</b>	<b>Flot-F 2. Desequilibri de forces</b>
1	<b>Canvi-M 1. No explicat</b>	<b>Canvi-mf 1. No explicat</b>	<b>Canvi-mq 1. No explicat o visió d'alliberament</b>	<b>Flot-D 1. Propietat de l'objecte incorrecte (Massa o volum o altres)</b>	<b>Flot-F 1. Una força que fa surar o enfonsar-se</b>

**Taula 32:** Resum de les progressions d'aprenentatge empíriques dels models.

### 5.3.2. Evolució global del model dels futurs mestres al llarg de la seqüència instruccional

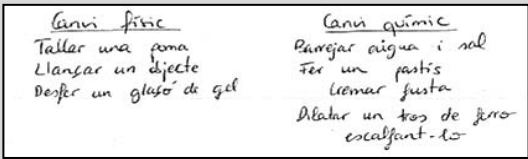

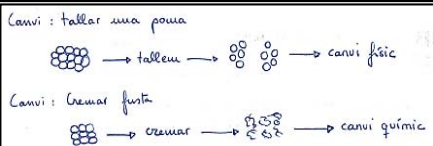


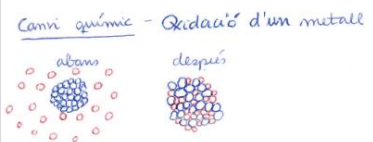
En aquest apartat presentem els resultats en relació a l'evolució global del model que fan els futurs mestres al llarg dels 5 moments de la seqüència instruccional seleccionats. Els 5 moments representen diferents situacions concretes al llarg de la seqüència que són claus per a la construcció del model i on es treballa una o varies idees del model. Aquests moments poden ser situacions estàtiques, és a dir, tasques escrites realitzades a nivell individual (on s'han analitzat els textos i dibuixos) o situacions dinàmiques, és a dir, discussions en grup (on s'ha analitzat les intervencions de grup).

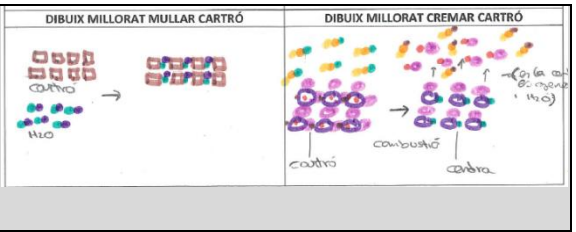
Per tal de visualitzar l'evolució del model que té en general l'alumnat al llarg de la seqüència didàctica hem fet servir un tipus de representació ja utilitzat en estudis similars (Hernández et al., 2015) on es mostra el percentatge d'alumnes (dels grups 1 i 2) que es troben a cada nivell del model (concretament de cada sub-model de canvi químic i de flotació) en cada moment (M1-M5) de la seqüència instruccional. Les esferes mostren el percentatge d'alumnes que es troben en cada nivell en cada moment i la línia negra indica el camí

que segueix la majoria de l'alumnat (unint les esferes amb major percentatge d'alumnes dels 5 moments) (veure gràfic 6).

### 5.3.2.1. Evolució del model de Canvi Químic

Amb l'objectiu de facilitar al lector la comprensió dels resultats, a la Taula 33 es detalla la tasca concreta realitzada en cada moment de la seqüència (M1-M5), així com les idees del MCE que es treballaven amb aquella tasca. Cal tenir en compte que els dos primers moments són diferents en el cas del sub-model macro i els sub-models micro: Al M1-macro i M2-macro es treballa la idea 1 del model, mentre que al M1-micro i M2-micro es treballa la idea 2 del model. La resta de moments (M3, M4 i M5) són comuns per tots els sub-models.

Moment	Idea del MCE	Tasca de la seqüència
M1 (Macro)	1	<p><b>Tasca Canvi 2</b></p> <p>Es demana classificar diversos canvis (ex. barrejar aigua i sal, cremar fusta, tallar una poma, etc.) justificar la classificació. L'alumnat respon individualment per escrit.</p> 
M2 (Macro)		<p><b>Tasca Canvi 3</b></p> <p>Discutir la tasca prèvia: En petit grup, es demana compartir la tasca prèvia, discutint/relacionant els fenòmens amb la interpretació feta respecte a la classificació i les explicacions dels canvis.</p> 
M1 (micro)	2	<p><b>Tasca canvi 6</b></p> <p>En grup petit, es demana discutir i dibuixar un canvi físic i un químic a nivell micro: "Escull un canvi fort (químic) i un canvi feble (físic). Com els imagines "per dins"? Què canvia en cada cas a nivell de partícules? Per què ho has dibuixat així?"</p>
M2 (micro)		<p><b>Tasca canvi 6</b></p> <p>L'alumnat fa un dibuix de manera individual.</p> 
M3	2-3	<p><b>Tasca canvi 7</b></p> <p>En grup petit, es planteja l'ús del model per explicar un fenomen: L'efervescència d'una pastilla en aigua. "Com creus que variarà la massa en l'ampolla oberta i en la tancada? Creus que es tracta d'un canvi físic o químic? Per què?" L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p> 
		<p><b>Tasca canvi 8</b></p> <p>En grup petit es proposa fer l'experiment de posar dues pastilles efervescents en dues ampolles d'aigua, una deixar-la destapada i l'altra tapada. Es demana observar com varia la massa i explicar els resultats: "Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre? On ha anat la massa que falta? Què podries fer per comprovar-ho?".</p> <p>Ho podem veure?: Es proposa realitzar el mateix experiment però posant un globus al cap de l'ampolla i explicar els resultats: "Què creus que hi ha dins del globus? On creus que havia anat la massa que faltava en l'ampolla oberta? On estava aquest gas abans de fer la reacció? De què creus que està fet el comprimit?"</p> 
M4	1-3	<p><b>Tasca Canvi 11</b></p> <p>Tasca individual (per fer a casa): Es proposa escollir uns nous fenòmens concrets, un de canvi físic i un de canvi químic, dibuixar les partícules a nivell micro i justificar-ho.</p> 

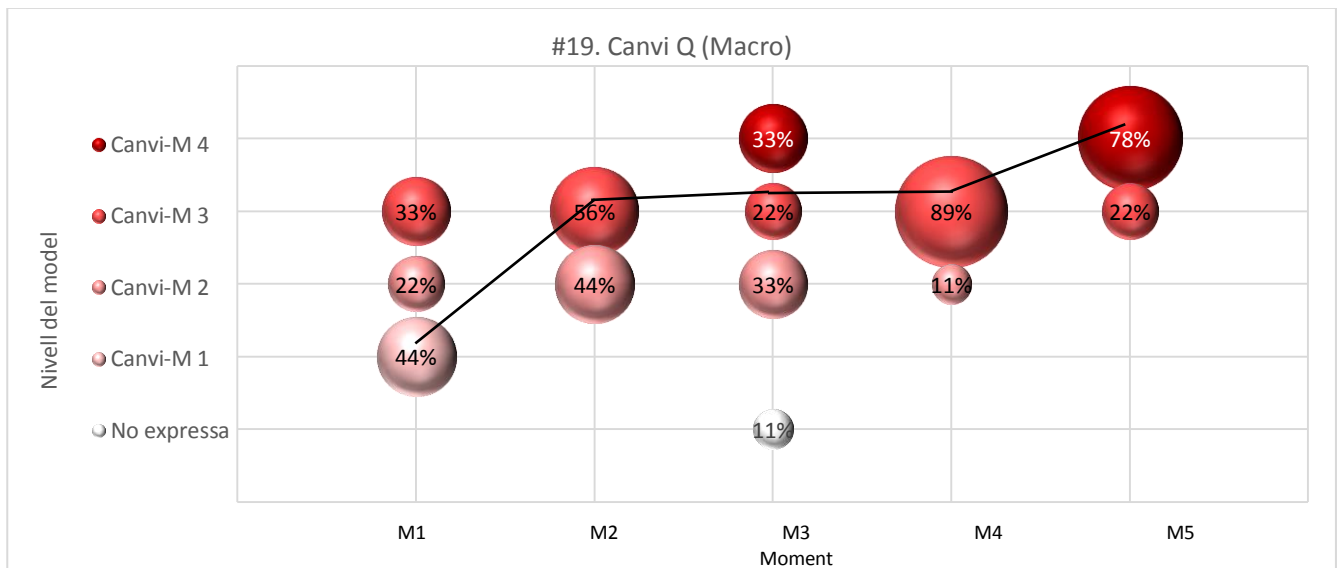
<p><b>M5</b></p>	<p>1-5</p>	<p><b>Tasca Canvi 17</b>  <b>Examen:</b> Es proposen uns nous fenòmens (mullar cartró i cremar cartró) i uns possibles dibuixos a nivell micro. Es demana identificar l'error de cada dibuix i fer un dibuix millorat de cada tipus de canvi.</p>	 <p>The image shows two diagrams labeled 'DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRO' and 'DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRO'. The first diagram shows a transition from a disorganized state to a more structured one. The second diagram shows a transition from a disorganized state to a more structured one, with handwritten notes in Spanish: '(En la parte superior) H<sub>2</sub>O' and '(En la parte inferior) H<sub>2</sub>O'.</p>
------------------	------------	---	--

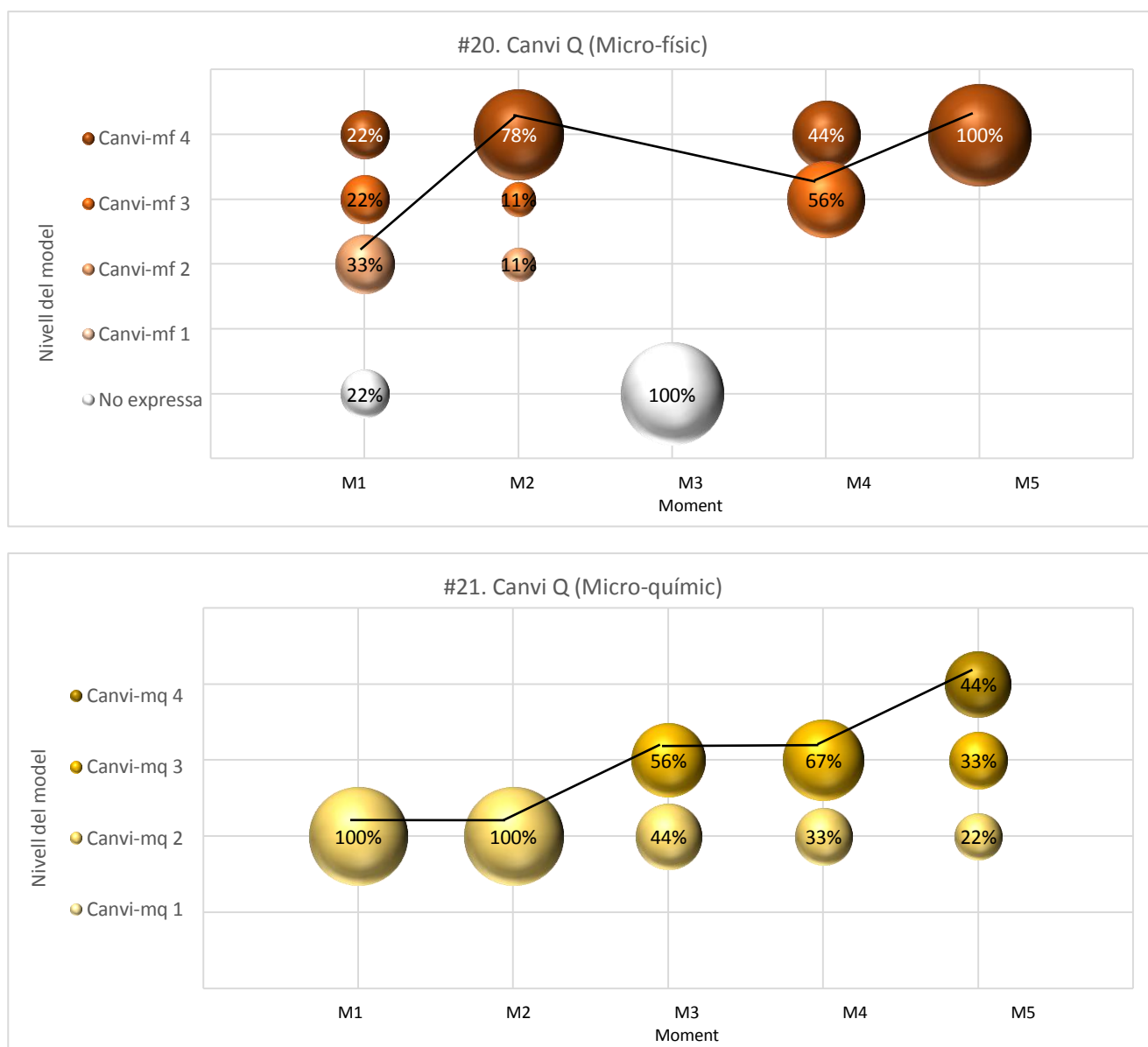
**Taula 33:** Moments seleccionats per analitzar l'evolució del model canvi químic. En fons blanc, tasques en grup de discussió. En fons gris: tasques escrites individuals.

Els resultats respecte l'evolució del model de canvi químic al llarg dels 5 moments de la seqüència es presenten en el gràfic 6. Aquest tipus de gràfic inclou els gràfics #19, #20 i #21 on es mostra l'evolució global de l'alumnat en els tres sub-models de canvi químic (#19 sub-model macro, #20 sub-model micro-físic, i #21 sub-model micro-químic).

Si ens fixem en quins moments són més significatius pel canvi de nivell del model dels alumnes observem que **el M3 i el M5** són els més significatius en tots els sub-models. El M3 correspon a la *Tasca canvi 7* i *Tasca canvi 8* del seminari, on se'ls demanava interpretar l'efervescència d'una pastilla en aigua i on es començava a treballar la idea 3 (la conservació de la massa). El M5 correspon a l'examen (*Tasca Canvi 17*) on l'alumnat hauria d'haver integrat totes les idees treballades i s'esperava que arribés al nivell més sofisticat del model (nivell 4).

En quant a la tendència o evolució que es dona, observem una diferència important entre el sub-model macro (en termes de propietats) o el sub-model micro-físic (de tipus interpretatiu ja treballat anteriorment), en els quals la major part de l'alumnat aconsegueix nivells sofisticats del model ràpidament, i el sub-model micro-químic (de tipus interpretatiu no treballat amb anterioritat), on l'alumnat requereix molt de temps per arribar a nivells no tan alts del model.





**Gràfic 6:** Evolució global del model de canvi químic al llarg de la seqüència.

S'inclouen els gràfics #19-#21, amb l'evolució global (totes les alumnes analitzades) dels 3 sub-models de canvi químic.

En relació al **sub-model macro**, al gràfic #19 observem que aquest evoluciona amb facilitat des del principi de la seqüència, produint-se canvis significatius en els M2, M3 i M5. En el M2 (discussió sobre com classificar els diferents canvis, *Tasca Canvi 3*), l'alumnat deixa d'utilitzar nivells del model molt senzills (desapareix el nivell Canvi-M1) i per tant sembla que una primera posada en comú de les respostes individuals ajuda a l'alumnat a avançar en el seu model. En el M3 (discussió sobre el fenomen de la pastilla efervescent on es treballa la idea de conservació de la massa, *Tasca Canvi 8*), un terç de l'alumnat se situa per primer cop en el nivell més sofisticat (Canvi-M4). Sembla ser que el fet de posar-se davant d'un fenomen de canvi químic poc clar com és una efervescència i discutir sobre les propietats que ens indiquen quin tipus de canvi s'ha donat, així com reflexionar sobre la conservació de la massa en aquest fenomen fa que l'alumnat faci un salt important en les seves idees de canvi químic a nivell macro. En el M5 (examen), la majoria de les alumnes (78%) se situen al nivell 4 de nou, tot i haver retrocedit algunes d'elles al nivell 3 en el M4 (tasca individual en la qual se'ls hi demanava tornar a classificar els canvis, *Tasca Canvi 11*). Aquesta baixada en el M4 pot ser deguda a que les tasques realitzades entre el M3 i M4 no van ser prou significatives per l'alumnat en relació al model a nivell macro. De fet, les *Tasques Canvi 9 i 10*, consistien en identificar els elements de cada compost de la reacció, i

per tant tasques centrades en les idees micro del model. D'altra banda el tipus de tasca del M4, per realitzar-se a casa individualment pot haver suposat més dificultat a l'alumnat que el treball en grup a classe (M3). També pot haver afectat que la tasca individual (M4) no era avaluable (no puntuava per nota), la qual cosa pot provocar que l'alumnat no s'esforci tant i respongui de manera més superficial.

Al gràfic #20 (**sub-model micro-físic**) la tendència observada en el sub-model macro es repeteix però encara amb més claredat. Aquest sub-model està prou clar des de l'inici de la seqüència, segurament perquè ja s'havia treballat prèviament en l'assignatura (model matèria/partícula). Tot i que al M1 (primera discussió sobre els tipus de canvis a nivell micro, *Tasca Canvi 6*) hi apareixen nivells del model una mica baixos, ràpidament en el M2 (quan es demana a l'alumnat posar per escrit i dibuixar allò que ha discutit en grup, *Tasca Canvi 6*) el 78% dels alumnes ja es troben al nivell 4 (Canvi-mf4), i per tant s'arriba a un domini del model molt ràpid. Les tasques de la seqüència didàctica estan pensades per treballar sobretot les idees micro del canvi químic ja que les idees micro del canvi físic ja s'han treballat en sessions anteriors. Per tant, el fet que l'alumnat no discuteixi idees del sub-model micro-físic en alguns moments del seminari (com passa en el M1 per a algunes alumnes i en el M3 per totes les alumnes) és previsible. Finalment, tot i la lleugera davallada que es dona en el moment 4 (tasca individual no avaluable, *Tasca Canvi 11*), i que també es donava al sub-model macro, al final de la seqüència (examen, M5) la totalitat de les alumnes es situen al nivell 4, mostrant un clar domini del sub-model micro-físic.

Al gràfic #21 (**sub-model micro-químic**), la situació és força diferent que en els dos sub-models anteriors. Sembla ser que explicar el canvi químic a nivell micro és molt més complex i difícil per l'alumnat que explicar-lo a nivell macro o el canvi físic a nivell micro, la qual cosa és d'esperar perquè es tracta d'un model més interpretatiu o abstracte que el model macro, i no s'havia treballat en sessions anteriors com el sub-model micro-físic. En aquest sub-model, tot l'alumnat comença en un nivell 2 de la progressió del model (M1) i no es produeix cap variació de nivell de cap alumne en el següent moment (M2). És en el M3 (activitat de la pastilla efervescent on es treballa la idea de conservació de la massa, *Tasca Canvi 8*) on la meitat de l'alumnat salta al nivell 3, la qual cosa mostra que aquesta tasca permet a l'alumnat incorporar idees més sofisticades del model de canvi químic a nivell micro. De nou, però, no s'observa cap evolució significativa en el M4 (tasca individual no avaluable, *Tasca Canvi 11*), indicant la dificultat de l'alumnat per assolir nivells sofisticats d'aquest model quan se li demana fer-ho sol a casa. Al M5 (examen) quasi la meitat de les alumnes assoleixen per primera vegada el nivell 4.

L'increment final que es dona en el M5 (examen, *Tasca Canvi 17*) en tots els sub-models de canvi químic el podem atribuir a dues causes. En primer lloc, és possible que tingui relació amb que la tasca del M4 era no avaluable i que per tant no la realitzessin amb tanta preparació i dedicació com la tasca de l'examen (M5). En segon lloc, i des del nostre punt de vista més important, les tasques realitzades entre el M4 i el M5, corresponents a l'experiment de combustió i oxidació (*Tasca Canvi 12 - 15*), on es treballaven les idees 4 i 5 del model i es revisaven les idees anteriors, van ser claus per fer avançar l'alumnat en el model.

### 5.3.2.2. Evolució del model de Flotació

Amb l'objectiu de facilitar al lector la comprensió dels resultats també per aquest model, a la Taula 34 es detalla la tasca concreta realitzada en cada moment de la seqüència (M1-M5), així com les idees del MCE que es treballaven amb aquella tasca. Cal tenir en compte que els dos primers moments són diferents en el cas del sub-model macro i els sub-models micro: Al M1-macro i M2-macro es treballa la idea 1 del model, mentre que al M1-micro i M2-micro es treballa la idea 2 del model. La resta de moments (M3, M4 i M5) són comuns per tots els sub-models.



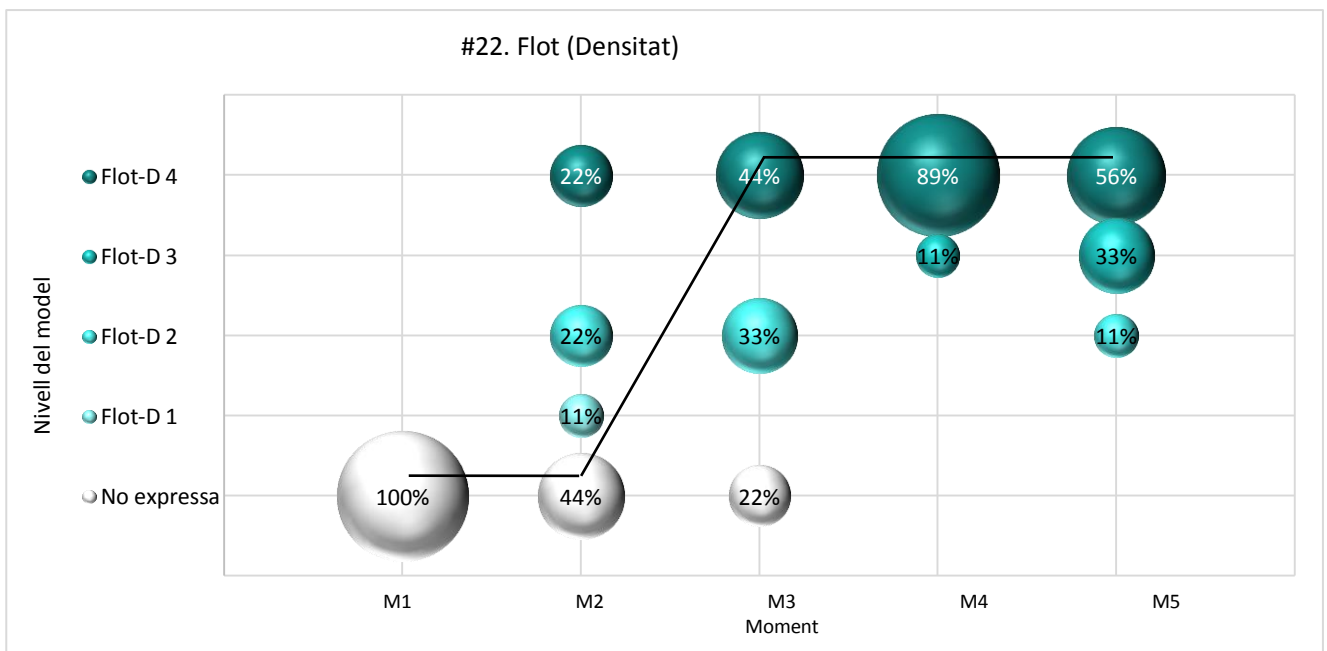


Els resultats respecte l'evolució del model de flotació al llarg dels 5 moments de la seqüència es presenten en el gràfic 7. Aquest tipus de gràfic inclou els gràfics #22 i #23 on es mostra l'evolució global de l'alumnat en els dos sub-models de flotació (#22 sub-model densitat i #23 sub-model forces).

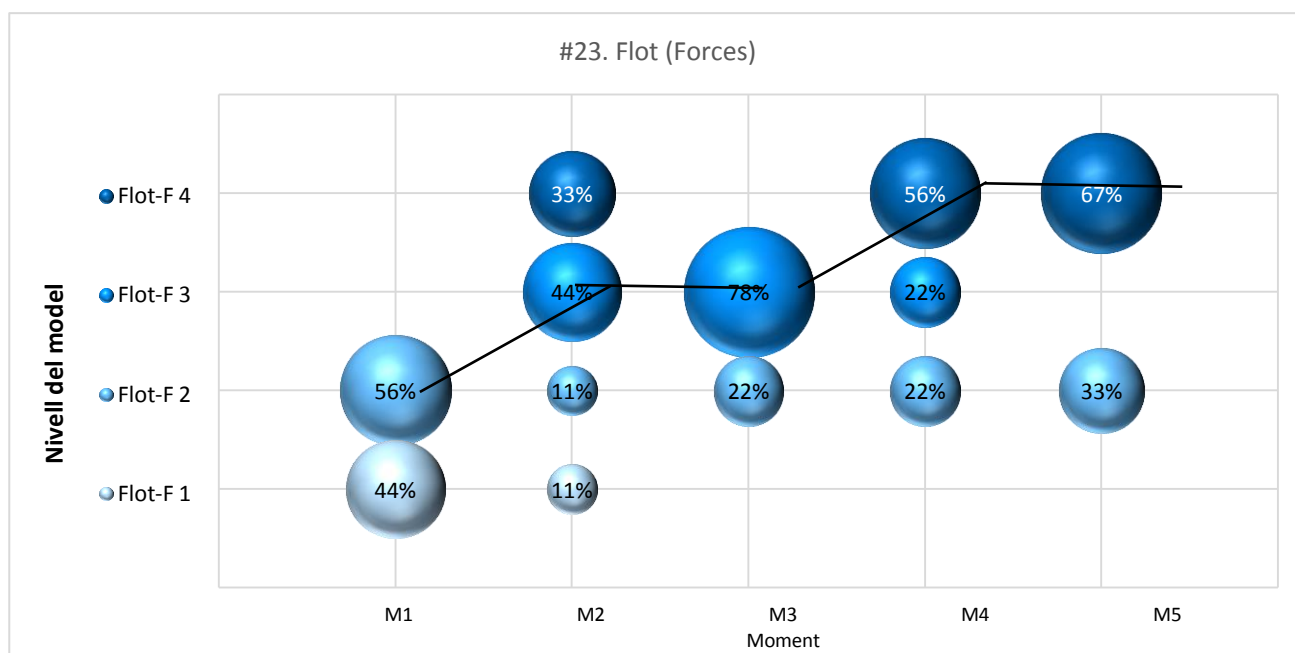
En aquests dos gràfics es podem identificar dos moments clau en la seqüència, **el M2 i el M4**, on les tasques realitzades són especialment significatives per fer avançar l'alumnat en el seu model, tant en termes de densitat com en termes de forces.

El M2 correspon a la *Tasca Flot 4*, on es demanava als alumnes respondre a la pregunta "Quant val l'empenta de l'aigua?" en un context experimental on havien d'anar omplint un got d'aigua fins que ja no costés res aguantar-lo dins l'aigua i es demanava a què equival l'empenta. En aquesta activitat es comencen a construir les idees 2 i 3 del model (el valor de l'empenta i l'equilibri) i sembla ser que això és significatiu per fer avançar els dos sub-models. Per un costat, al M2 l'alumnat comença a discutir en termes de densitat (tal i com es veu al gràfic #22, on apareixen per primera vegada les idees del model en termes de densitat). Per l'altre costat, comencen a aparèixer nivells sofisticats del sub-model de forces (tal i com s'observa al gràfic #23, on apareixen els nivells Flot-F3 i Flot-F4 per primera vegada), els quals indiquen que es parla en termes de l'equilibri de forces i que s'entén la naturalesa d'aquestes.

El M4 correspon a la tasca avaluable per fer a casa (*Tasca Flot 10*), on es demanava interpretar la flotabilitat de dues llaunes de coca-cola (una light i una normal) i per tant on calia aplicar totes les idees del model a una nova situació propera. En els dos gràfics s'observa que la majoria d'alumnes són capaces de saltar al nivell 4 (tant de densitat com de forces), indicant que en aquesta tasca la major part de l'alumnat és capaç de posar en joc adequadament les idees treballades a classe i fer unes explicacions més complertes i sofisticades.







**Gràfic 7:** Evolució global del model de flotació al llarg de la seqüència.

S'inclouen els gràfics #22-#23, amb l'evolució global (totes les alumnes analitzades) dels 2 sub-models de flotació.

En comparar els dos sub-models, observem que en el M3-densitat (*Tasca Flot 8*) es treballa la idea 4 del model (densitat relativa) i es demana identificar quantes pilotes dels diferents materials es necessiten per fer enfonsar el got fins la vora i comparar el pes de les pilotes amb el pes del got ple d'aigua. Aquest moment, tot i no ser tan significatiu com el M2 i M4, també fa avançar a l'alumnat en el sub-model densitat, ja que més alumnes parlen en termes de densitat i més d'elles se situen en el nivell 4.

En canvi, en el M3-forces (*Tasca Flot 5*) no s'observa cap avançament significatiu en el sub-model (de fet fins i tot hi ha lleugera una davallada), la qual cosa ens indica que la tasca realitzada en aquest moment no fa avançar a l'alumnat en el model. Aquesta tasca requeria a l'alumnat utilitzar una base d'orientació per explicar dues situacions d'equilibri i dibuixar les forces, promovent la revisió de les idees 2 i 3 del model. Aquesta aturada i fins i tot retrocés en el model creiem que és deguda a que en aquest moment tornen a aparèixer dubtes i dificultats sobre el model perquè el fenomen que han d'explicar és més complex que els anteriors. Tot i així aquests dubtes que es van aclarint al llarg de la tasca i sobretot al llarg de la tasca següent on es consensua el model amb la professora. De fet, és en el M4, com ja s'ha comentat, l'alumnat torna a fer un salt endavant en el model.

La petita davallada que experimenten alguns alumnes en el M5 (examen, *Tasca Flot 11*) en els dos gràfics no es correspon a l'evolució observada en el model de canvi químic. Això és perquè la situació en un model i un altre és molt diferent. En primer lloc, a diferència del model de canvi químic, la tasca individual (M4) era avaluable, i és possible que l'alumnat fes un esforç major en preparar-se adequadament la tasca que en la tasca del canvi químic. Una altra gran diferència és que entre el M4 i el M5 del model de flotació no es realitza cap tasca entremig (a diferència del de canvi químic on sí que es realitzaven tasques del seminari). Per tant és esperable que en el M5 l'examen resulti més difícil que la tasca del M4, ja que l'alumne es troba sol davant la tasca, sense l'ajuda dels companys ni el suport de la professora, a diferència de quan la tasca la realitza amb temps i a casa. Per tant, aquesta davallada al final de la seqüència no és estranya i coincideix amb els resultats obtinguts en altres recerques similars (Hernández et al., 2015).

Cal destacar que tot i que l'evolució general és molt positiva i s'assoleixen nivells sofisticats del model, s'observa de nou una **clara diferència entre l'evolució d'un model en termes de les propietats com el de**

**densitat**, el qual s'aprèn més linealment i s'arriba a nivells més elevats de domini d'aquest, i un **model amb més capacitat interpretativa com el de forces**, que requereix més temps per arribar a nivells sofisticats del model i l'evolució no està tan clara, indicant una dificultat major. Aquesta diferència, que també s'observava entre els sub-models canvi químic macro i micro, ens indica com és de diferent pels alumnes incorporar un model més descriptiu en termes de les propietats, probablement més senzill i fàcil, i un model més interpretatiu, que resulta més abstracte i possiblement més complex a l'hora d'integrar els coneixements.

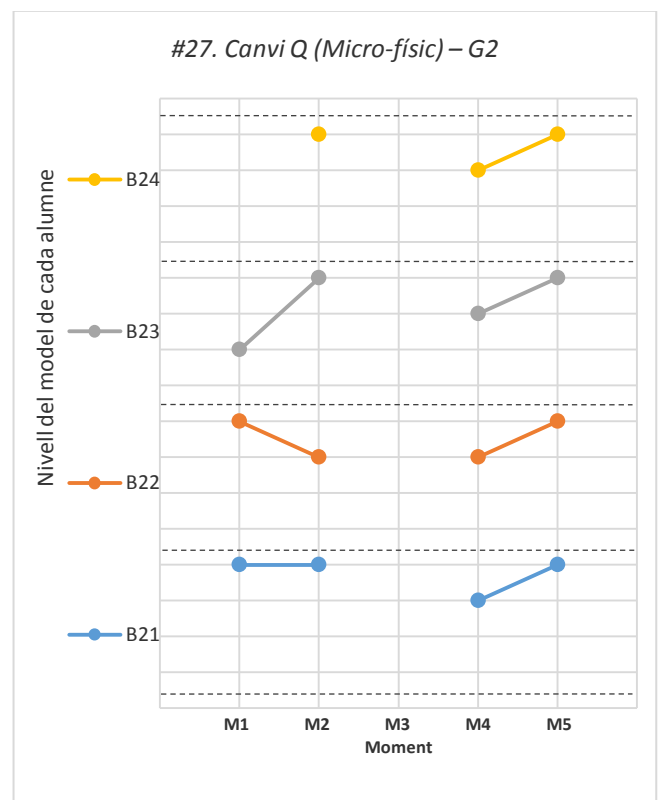
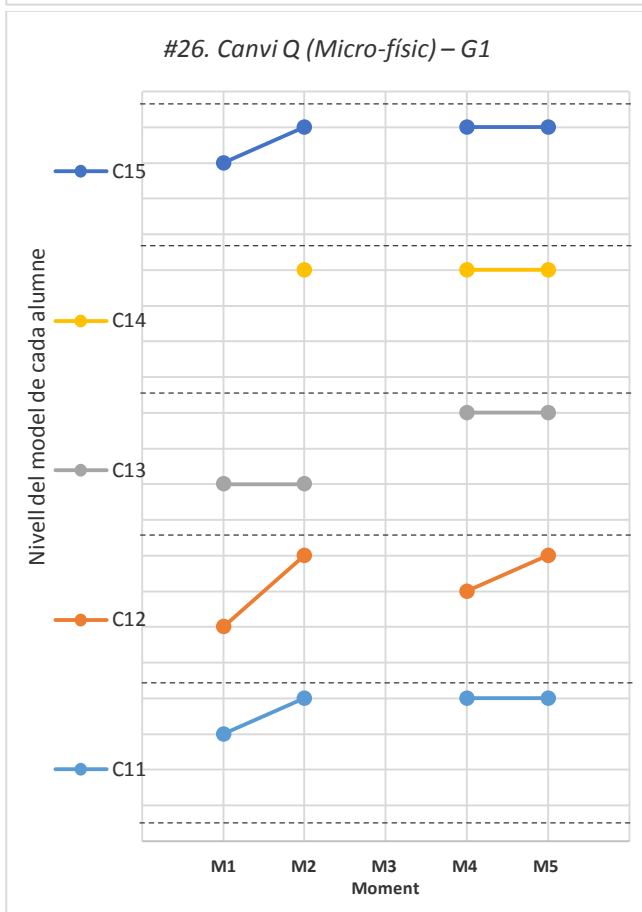
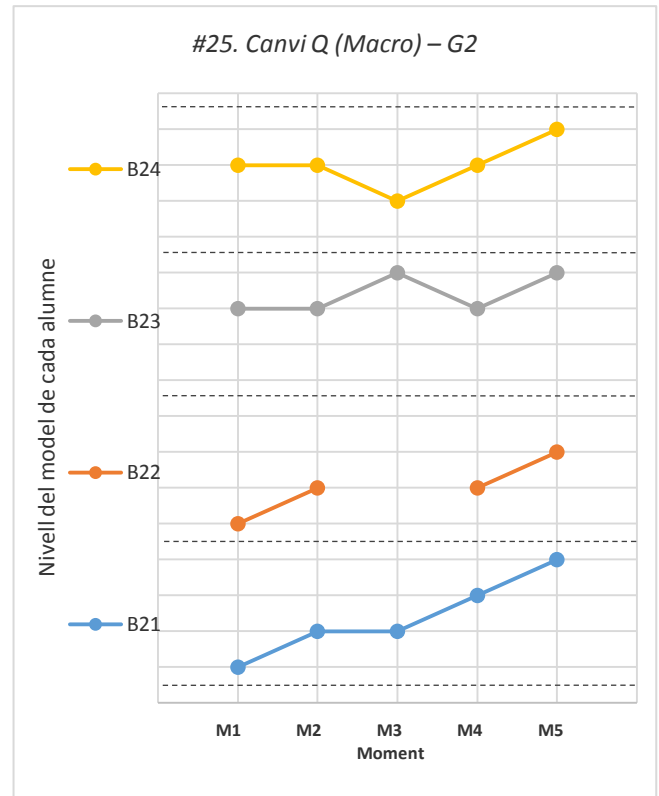
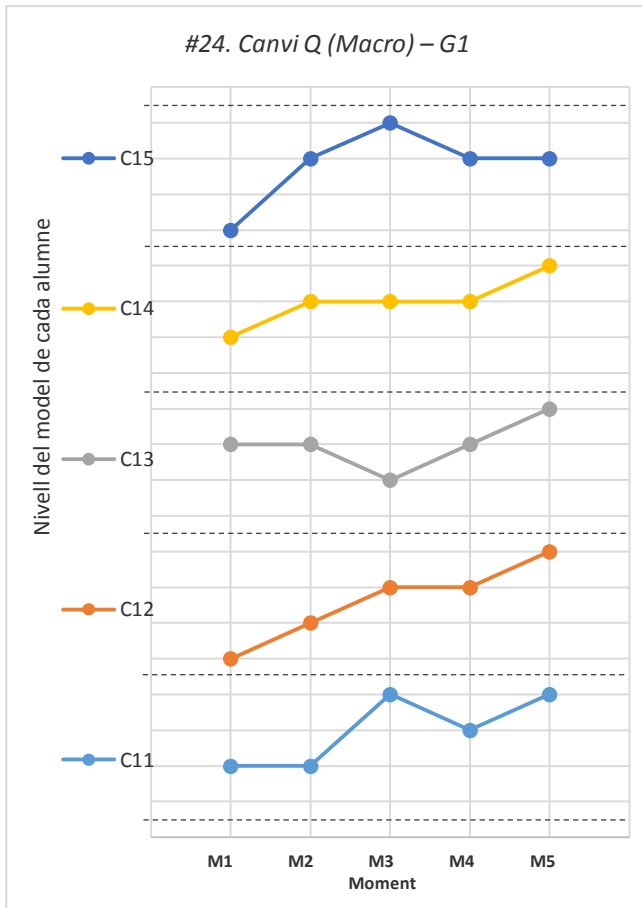
### 5.3.3. Evolució individual del model dels futurs mestres al llarg de la seqüència instruccional

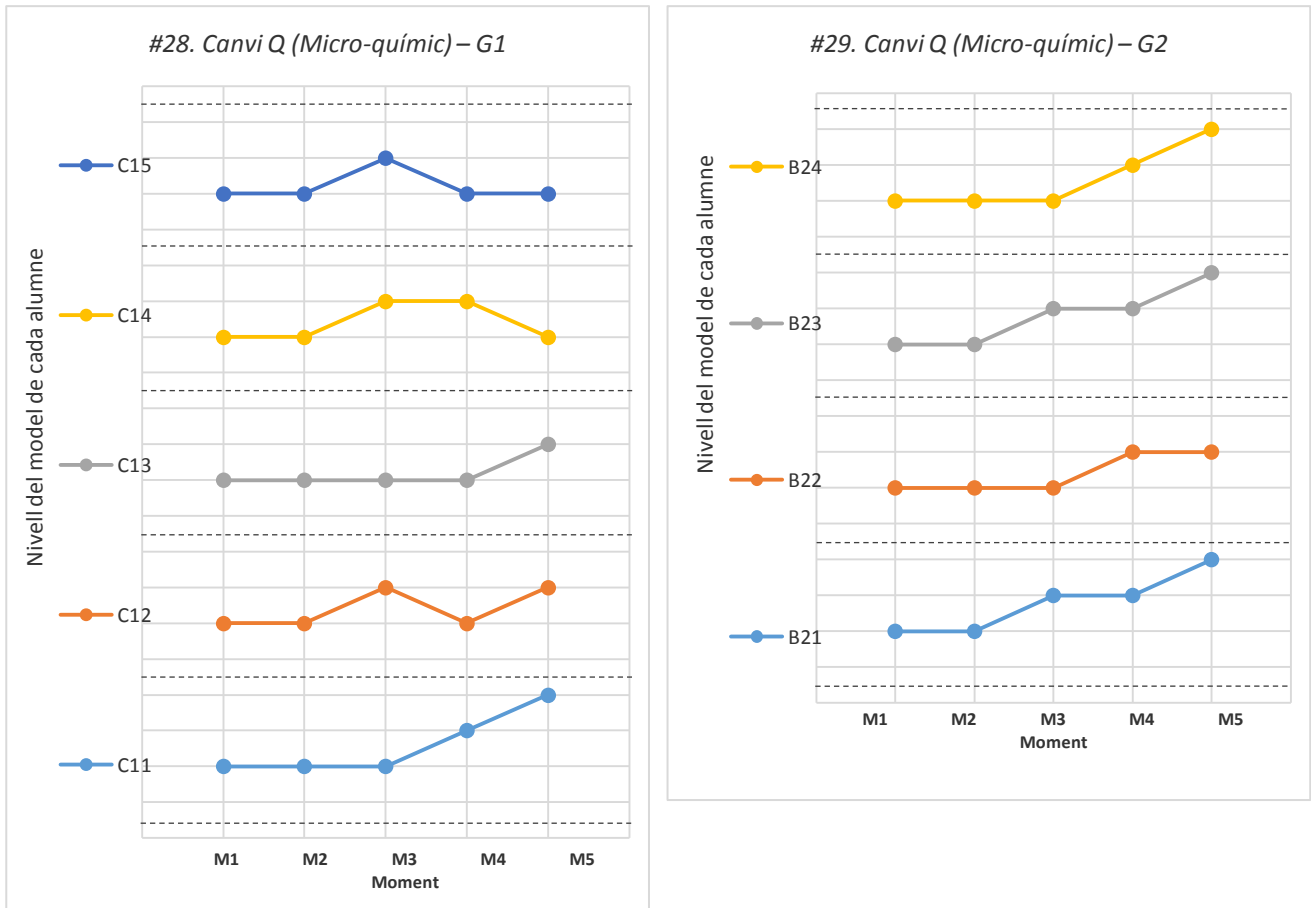
A l'apartat 5.3.2. hem presentat i discutit els resultats obtinguts sobre l'evolució global del model, és a dir, de tot l'alumnat analitzat (les 9 alumnes dels dos grups analitzats). En aquest apartat (5.3.3.) pretenem mostrar l'evolució de cada alumna de manera individual, per tal de donar visibilitat al camí real que ha seguit cada alumna (si hi ha pujat o baixat, o bé s'ha mantingut igual) i saber si es donen alguns patrons o camins similars dins d'un mateix grup d'alumnes o entre alumnes de diferents grups.

Amb la intenció de visualitzar l'evolució individual hem fet servir un tipus de representació similar a l'anterior en relació a l'eix de les X, on es representen els 5 moments de la seqüència (M1-M5). A l'eix de les Y, en canvi, mostrem les alumnes de cada grup (del grup 1 les alumnes C11, C12, C13, C14 i C15, i del grup 2 les alumnes B21, B22, B23 i B24) i per a cadascuna d'elles, els 4 nivells del model en progressió en ordre ascendent (del nivell 1 a baix al nivell 4 a dalt). Per ajudar a la visualització del gràfic, el nom dels nivells de cada model no s'inclou a l'eix de les Y, però dins de la zona de cada alumna (limitada per línies horitzontals intermitents) els 4 nivells del model s'indiquen amb línies suaus horitzontals. Quan en algun cas no s'ha pogut determinar el nivell del model per a una alumna en un moment de la seqüència aquell punt no s'ha representat en el gràfic i per tant la línia queda trencada per aquell punt (ex. gràfic #25 alumna B22 en el M3).

#### 5.3.3.1. Evolució individual del model de Canvi químic

Els resultats respecte l'evolució individual del model de canvi químic al llarg dels 5 moments de la seqüència es presenten en el gràfic 8. Aquest tipus de gràfic inclou els gràfics #24, #25, #26, #27, #28 i #29 on es mostra l'evolució individual de les alumnes de cadascun dels grups seguits (G1 i G2) en els tres sub-models de canvi químic (#24-25 sub-model macro, #26-27 sub-model micro-físic, i #28-29 sub-model micro-químic) al llarg dels 5 moments de la seqüència.





**Gràfic 8:** Evolució individual del model de canvi químic al llarg de la seqüència

S'inclouen els gràfics #24-#29, amb l'evolució individual dels 3 sub-models de canvi químic pels 2 grups analitzats.

En el **sub-model macro** els dos grups segueixen una evolució similar: comencen en nivells inicials o intermedis (nivells 1, 2 i fins i tot 3) i al llarg de la seqüència hi ha un increment generalitzat dels nivells del model (arribant gairebé tothom al nivell 4). Tot i aquesta tendència positiva, també s'observa que les alumnes que havien arribat a situar-se en el nivell 4 durant moments entremitjos com el M3 (alumnes C11, C15 i B23) en el M4 fan una davallada al nivell 3 (tendència que ja es visualitzava i ja s'ha discutit en l'evolució general dels grups). Tot i així, després de realitzar altres tasques de la seqüència, a l'examen (M5) quasi tothom es troba al model Canvi-M4 (7 de 9 alumnes) i només dues alumnes es queden al model Canvi-M3 (una de cada grup). En aquest cas, doncs, no s'observen diferències significatives entre grups.

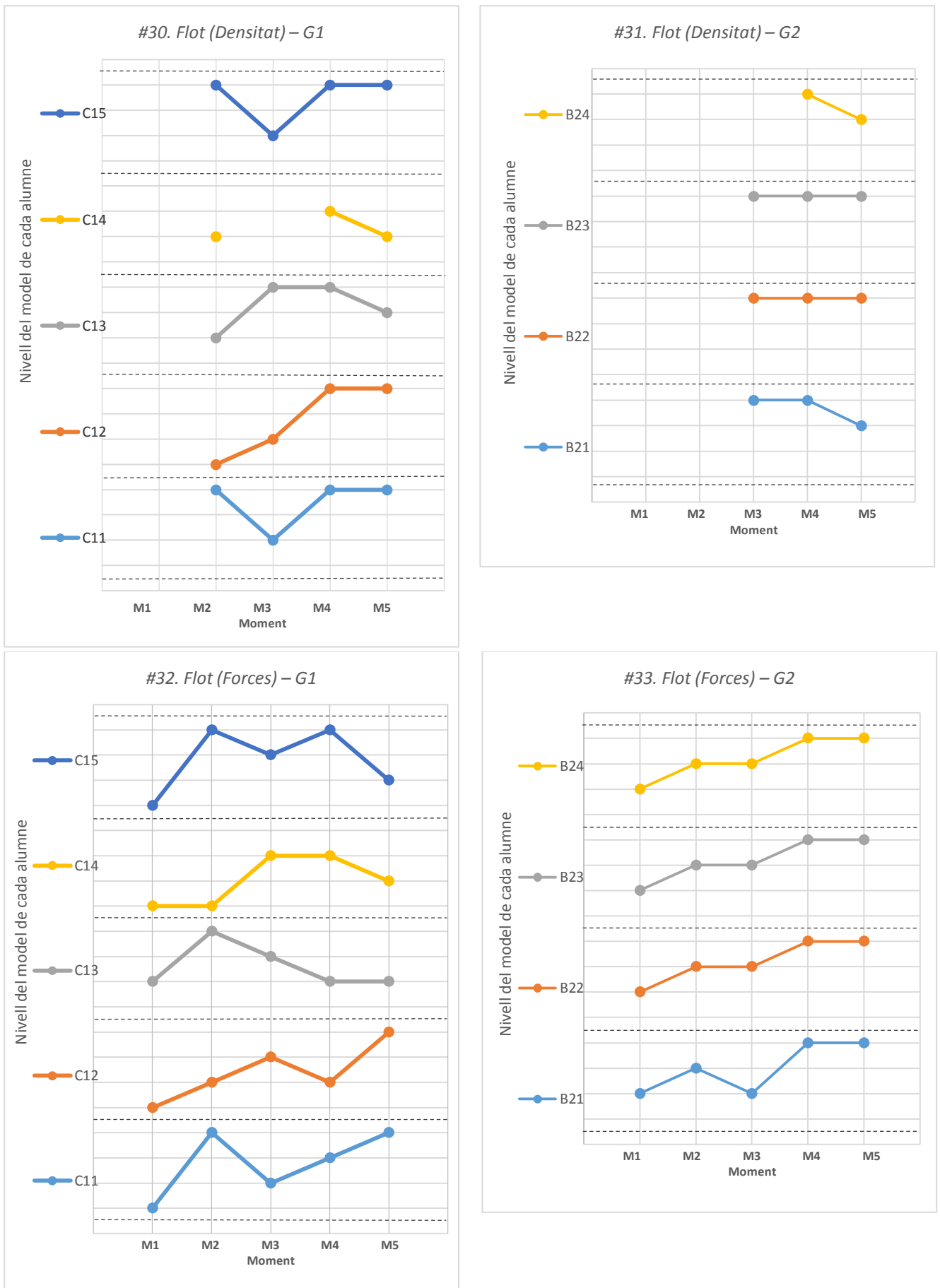
Quan ens fixem en el tipus d'explicació que l'alumnat fa del **canvi físic a nivell micro**, en primer lloc es fa evident que és un sub-model poc present a les discussions en grup, ja que hi ha moments en els quals les alumnes no el mencionen i per tant no tenim la versió del model d'elles per a aquell moment (M3 i de vegades M1). Aquesta manca de presència es dona especialment al M3, on es fa l'experiment de la pastilla efervescent (un canvi químic) i no es fa necessari per l'alumnat parlar del canvi físic a nivell micro. L'altre aspecte a destacar és que el model Canvi-mf4 ja està present des del principi de la seqüència (M1) en el grup 2, la qual cosa evidencia que aquestes alumnes ja tenien bastant clar aquest sub-model abans de començar la seqüència del canvi químic, ja que s'havia treballat en sessions anteriors. En el grup 1 en canvi, les alumnes parteixen del nivell 2 i 3, mostrant un menor assoliment d'aquest sub-model durant la seqüència anterior. Tot i partir de diferents nivells, en tots dos grups totes les alumnes són capaces d'utilitzar el MCE apropiat (nivell 4) en acabar la seqüència (M5).

A **nivell micro**, quan l'alumnat intenta explicar el **canvi químic**, en els dos grups les alumnes parteixen (M1) del mateix nivell (Canvi-mq2) i s'hi mantenen durant el moment següent (M2). Al M3 es dona el primer avanç cap al nivell 3 en algunes alumnes, tant del G1 com del G2. Ara bé, en el M4 i en el M5 es dona una clara diferència entre grups. En el G2 totes les alumnes es mantenen al mateix nivell o pugen al nivell 3 (en el M4) i al nivell 4 (en el M5), mostrant una tendència molt semblant entre elles. En canvi, en el G1 es donen diferents tendències: tant en el M4 com en el M5 algunes pugen de nivell, altres es mantenen i altres baixen. Això pot sorprendre, ja que sent del mateix grup s'esperaria que fessin un camí similar, tal i com passa al G2, però sorprenentment no es dona. És a dir, les tasques de la seqüència no són productives per tot el G1, mentre que sí que ho són per tot el G2. Això s'observa sobretot en un tipus de tasca que es realitza individual, ja que els canvis diferents dins del G1 es donen sobretot al M4 (tasca individual) i al M5 (examen). En aquest sentit, és possible que el model expressat o usat per algunes alumnes del G1 durant la discussió al M3 hagi estat influenciat pels models de les seves companyes i que a l'hora de dur a terme una tasca de manera individual (com en el M4 i M5) les idees reals de cadascú hagin aflorat.

Un altre resultat destacable és el nivell del sub-model micro-químic assolit per les alumnes de cada grup al final de la seqüència. Del G2 tres alumnes assoleixen el nivell 4 i només una es queda al nivell 3, mentre que del G1 només una assoleix el nivell 4, i dues el nivell 3 i dues més es queden al nivell 2. Conseqüentment podem concloure que el G1 no només no presenta una evolució similar entre les alumnes sinó que a més aquestes no assoleixen nivells tan sofisticats del model, a diferència del G2 que sí presenta una evolució comú entre alumnes i aquestes arriben a nivells més sofisticats d'aquest sub-model de gran poder interpretatiu.

#### 5.3.3.2. Evolució individual del model de flotació

Els resultats respecte l'evolució individual del model de flotació al llarg dels 5 moments de la seqüència es presenten en el gràfic 9. Aquest tipus de gràfic inclou els gràfics #30, #31, #32, #33, on es mostra l'evolució individual de les alumnes de cadascun dels grups seguits (G1 i G2) en els dos sub-models de flotació (#30-31 sub-model densitat, i #32-33 sub-model forces) al llarg dels 5 moments de la seqüència.



**Gràfic 9:** Evolució individual del model de flotació al llarg de la seqüència  
 S'inclouen els gràfics #30-#33, amb l'evolució individual dels 2 sub-models de flotació pels 2 grups analitzats.

En relació al **sub-model de flotació densitat**, hi ha moments en els quals l'alumnat no en parla (M1 i parcialment en M2 i M3), la qual cosa és esperable ja que a la tasca no es demana interpretar els fenòmens en termes de densitat. En general s'observa una evolució molt petita, principalment perquè l'alumnat ja comença en versions no tan baixes del model (nivells 1, 2, i 4). Igual que s'observava en els resultats del sub-model canvi micro-químic, el G1 té una evolució irregular mentre que el G2 evoluciona més similarment entre els seus membres, traient profit de totes les tasques.

Concretament, en el G1 comencen a parlar en termes de densitat al M2 (on han d'explicar quanta aigua s'ha de posar en un got per no haver de fer força), on parteixen de nivells molt diferents (nivells 1, 2 i 4). A continuació al M3 (a l'activitat d'utilitzar boles de diferents materials) algunes alumnes puguen de nivell i d'altres baixen. Després al M4 (a la tasca individual avaluable) totes les alumnes fan explicacions que es troben en nivells força sofisticats (nivells 3 i 4) però al M5 (examen) tres alumnes es mantenen al nivell 4 i dues alumnes baixen als nivells 3 i 2.

El G2, en canvi, mostra molt poca evolució, en primer lloc perquè les alumnes no expliciten ni utilitzen el seu model de densitat en els M1 i M2 i en segon lloc perquè quan comencen a fer-ho (M3) ja ho fan des del model més sofisticat (Flot-D4). A diferència del G1, no s'observen gaires diferències dins del grup, indicant que hi ha una cohesió o evolució equivalent entre els diferents membres del grup (d'igual manera que al sub-model micro-químic). Com a aspecte a destacar, al M5 dues alumnes del G2 es mantenen al nivell 4 i dues alumnes retrocedeixen al nivell 3 del model (igual que passava al G1). Aquesta baixada d'algunes alumnes a l'examen (M5) ja s'ha explicat a apartats anteriors i segurament és deguda a que per les alumnes és possible arribar a nivells més sofisticats del model quan poden fer les tasques en grup o amb el suport de la professora que quan es troben a soles davant d'un repte com l'examen.

En relació al **sub-model de flotació forces**, de nou veiem que el grup 1 evoluciona de manera més irregular i no necessàriament positiva (en diferents moments unes augmenten, però d'altres disminueixen, etc.), mentre que el G2 evoluciona de manera més sistemàtica i positiva (totes fan un patró similar i el model en general millora).

En el cas del G1, observem que varies alumnes comencen la seqüència al nivell 1 i que cap de les evolucions individuals es repeteix, havent-hi alumnes que incrementen de nivell en un moment determinat i després el disminueixen, d'altres al contrari i d'altres que segueixen altres tipus d'evolucions. Al final de la seqüència, les alumnes del G1 se situen al nivell 2 (3 alumnes) i al nivell 4 (2 alumnes).

En quant al G2, en canvi, s'observa la mateixa tendència en les 4 alumnes al llarg dels 5 moments: totes comencen del mateix nivell 2, en el M2 totes avancen a un nivell superior (nivell 3), en el M3 es mantenen o retrocedeixen lleugerament, en el M4 totes avancen fins al nivell 4, mantenint-lo al M5. Cal destacar que aquest sub-model és de tipus interpretatiu i que probablement suposa un repte major que el sub-model de densitat. El fet que totes les alumnes del G2 hagin assolit el nivell més sofisticat per a aquest sub-model indica que la seqüència ha estat un èxit per a aquest grup.

#### 5.3.4. Patrons de variació del model que es donen en moments concrets de discussió entre els futurs mestres

Al llarg dels apartats anteriors (5.3.2. i 5.3.3) hem anat presentant i discutint l'evolució del model de les alumnes dels grups seleccionats al llarg de 5 moments clau de la instrucció, tant pel model de canvi químic com pel model de flotació. Alguns d'aquests moments corresponen a situacions estàtiques com les tasques escrites individuals, mentre que d'altres moments eren situacions dinàmiques com les discussions de grup al laboratori. En relació a les tasques escrites, el nivell del model atribuït a cada alumna en un moment



determinat és únic (l'alumna utilitza i/o expressa només una versió del model per a respondre a la demanda que se li fa). En canvi, al llarg d'una discussió de grup (d'entre 5 i 45 minuts), tant el grup d'alumnes com una mateixa alumna es poden situar en diferents nivells del model.

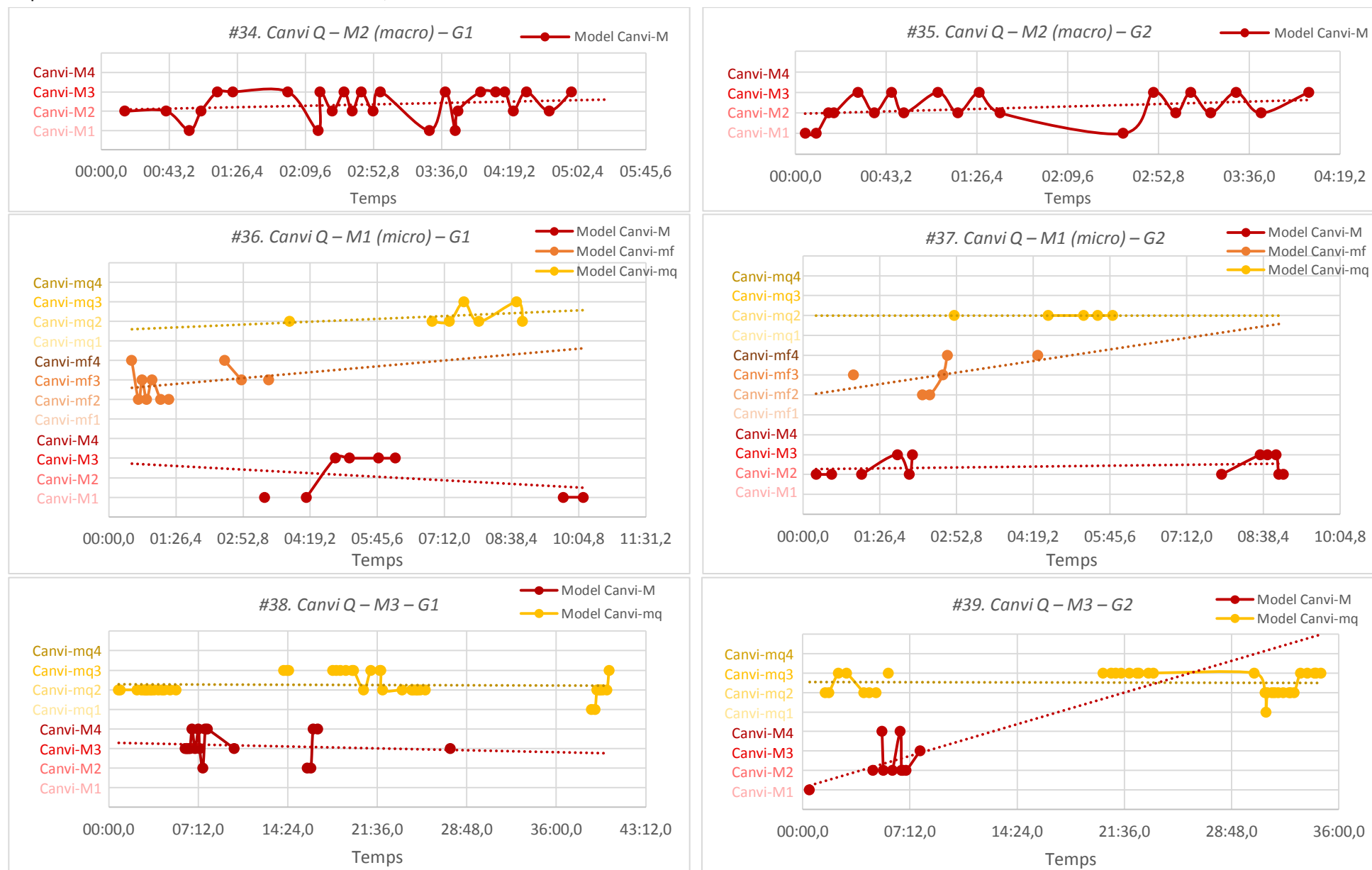
Amb l'objectiu de saber com va variant o evolucionant el model al llarg d'una discussió en grup (i per tant, dins d'aquells moments que siguin situacions dinàmiques), en aquest apartat mostrem els patrons de variació del model en les discussions de grup. En aquest cas, identifiquem els patrons que es donen per grup, no per persona. En el cas del canvi químic, aquests moments que corresponen a situacions dinàmiques són el M2 (macro), el M1 (micro) i el M3; i en el cas del model de flotació, el M1, M2, M3 (forces) i M3 (densitat). Els gràfics d'aquest apartat mostren com va variant el nivell del model (eix de les Y) al llarg del temps (eix de les X), on cada punt del gràfic representa una intervenció que es dóna dins del grup, sense distingir qui l'ha fet. També s'inclou una línia de tendència que ens mostra si l'evolució del model és positiva, neutre o negativa.

#### 5.3.4.1. Patrons de variació del model de canvi químic

Els resultats respecte els patrons de variació del model de canvi químic en cada moment de la seqüència es presenten en el gràfic 10. Aquest tipus de gràfic inclou els gràfics #34, #35, #36, #37, #38 i #39, en els quals es mostra el patró obtingut cada grup (G1 i G2) en els 3 moments de la seqüència on hi ha discussió (#34-35 el M2 (macro), #36-37 el M1 (micro), i #38-39 el M3).

En general, si ens fixem en els patrons que es donen en els diferents sub-models, és a dir, si aquests van avançant, mantenint-se o retrocedint, s'observa que **es dóna un patró dinàmic i irregular** (anant enrere i endavant durant diferents trossos de les discussions), però que **la tendència general és de millora del model** (veure gràfic 10).

Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes



**Gràfic 10:** Patrons de variació del model de canvi químic.

S'inclouen els gràfics #34-#39, amb els patrons obtinguts dels 3 moments de discussió del model de canvi químic pels 2 grups analitzats.

En general, l'**aparició d'uns sub-models o altres en cada moment** té relació amb la demanda de la tasca, però també amb altres aspectes del context i de les necessitats de l'alumnat. Per exemple, si la tasca demana classificar diferents tipus de canvis (M2-macro), l'alumnat discutirà en termes del sub-model macro (#34 i #35), però si es demana interpretar la fórmula d'una reacció (M3), l'alumnat discutirà en termes del sub-model micro-químic (#38 i #39). Ara bé, hi ha alguns moments (ex. M1-micro) en els quals l'alumnat dels dos grups discuteix no sols entorn els sub-models que demana la tasca (sub-models micro: dibuixar com s'imaginarien un canvi físic i químic a nivell de partícules) sinó que també discuteix sobre altres sub-models (del sub-model macro) (gràfics #36 i #37). L'aparició del sub-model macro en aquest cas ens indica que probablement l'alumnat necessita tornar a parlar d'això perquè hi ha detalls o aspectes d'aquest sub-model que no estan clars. Per tant, l'ordre d'aparició dels diferents sub-models al llarg d'una discussió depèn no només de les demandes de la tasca sinó també de les necessitats espontànies dels alumnes, de manera que es pot canviar de sub-model dins d'una conversa sense motiu aparent. Un exemple d'això es dona al G2 al M1-micro (#37), on una alumna proposa un fenomen hipotètic quotidià perquè no el sap explicar amb el sub-model macro que té i per això té necessitat de discutir-lo amb el grup. Les alumnes van intercalant la tasca requerida (fent ús dels sub-models micro) amb la discussió entorn a com explicar aquest fenomen proposat (usant el seu sub-model macro)<sup>18</sup>.

En relació a les primeres discussions (#34 i #35) els dos grups parlen únicament en termes del **sub-model macro** i comencen amb versions poc sofisticades d'aquest, com el nivell 1 (on no s'explica la diferència entre canvis químics i físics) i nivell 2 (amb explicacions que s'allunyen del MCE apropiat, com la idea de irreversibilitat, de simultaneïtat de canvis o altres). Ràpidament, però, apareixen idees del nivell 3 (idea general de conservació de la substància), tot i que segueixen tornant al nivell 2 en múltiples ocasions. Aquest sub-model macro segueix donant joc a les discussions següents (#36 i #37), on l'alumnat torna en ocasions al nivell 1 i 2, però a continuació avança en els dos grups fins al nivell 3 i de vegades al nivell 4 (idea de conservació de la substància identificant propietats concretes adequades). A les discussions finals (#38 i #39) es segueix discutint amb versions menys sofisticades (nivells 2) però els dos grups arriben en algun moment a les versions més sofisticades del model (nivell 4).

En quant al **sub-model micro-físic**, aquest només s'utilitza al moment M1-micro, i el patró que es dona és diferent per a cada grup. En el G1 aparentment no s'observa una evolució positiva, ja que comencen al nivell 4 (conservació de la naturalesa de les partícules i modificació de la disposició) i nivell 2 (visió de les partícules com una cosa macro) i al final se situen entre el nivell 3 (les partícules no es modifiquen) i el nivell 4 (veure #36). En el cas del G2 és al contrari: el model millora al llarg de la discussió, passant inicialment dels nivells 2 i 3 a un nivell final 4 (veure #37).

Per últim, en el **sub-model micro-químic**, que apareix en dos moments diferents (M1-micro i M3), mostra una tendència positiva/neutra en els dos grups, on l'alumnat en el primer moment (M1-micro) es troba majoritàriament en el nivell 2 (transformació total de les substàncies o partícules sense explicació de com s'han transformat) (#36 i #37) i al segon moment (M3) se situen sobretot en el nivell 3 (certa idea de re-combinació de substàncies o elements i certa idea de conservació de la massa) (#38 i #39).

#### 5.3.4.2. Patrons de variació del model de flotació

Els resultats respecte els patrons de variació del model de flotació en cada moment de la seqüència es presenten en el gràfic 11. Aquest tipus de gràfic inclou els gràfics #40, #41, #42, #43, #44, #45, #46 i #47, en els quals es mostra el patró obtingut cada grup (G1 i G2) en els 4 moments de la seqüència on hi ha discussió (#40-41 el M1, #42-43 el M2, i #44-45 el M3 (forces), i #46-47 el M3 (densitat).

<sup>18</sup> Per llegir la transcripció d'aquest diàleg es pot consultar la Taula 40 (episodi 2b) i Taula 42 (episodi 3a) de l'apartat de "Resultats i discussió respecte els mecanismes" (5.4.)

Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes



Gràfic 11: Patrons de variació del model flotació .

S'inclouen els gràfics #40-#47, amb els patrons obtinguts dels 4 moments de discussió del model de flotació pels 2 grups analitzats

En el cas dels diferents sub-models de flotació, **la tendència general és de millora del model, tot i que en ocasions també hi ha una evolució desordenada i irregular** (anant enrere i endavant durant diferents trossos de les discussions).

D'igual manera que passava en el model de canvi químic, en aquest cas **l'aparició dels sub-models de flotació en cada moment** també té relació amb la demanda de la tasca dissenyada, tot i que no sempre. Per exemple si es demana parlar en termes de forces (M1), l'alumnat habitualment ho fa utilitzant aquest sub-model (ex. #40 i #41). Ara bé, en certs moments l'alumnat es passa a l'altre sub-model de flotació encara que la tasca no ho demani. Això es dona en dos moments: el M2 (només el G1) i el M3-densitat. En el primer cas es demana una explicació en termes de forces (explicar quines forces hi intervenen quan anem omplint el got d'aigua i l'intentem enfonsar fins la vora) però el G1 comença parlant en termes de densitat (ja que explica que el pes/densitat de l'aigua de dins del got és el mateix que el de l'aigua de fora), però ràpidament aquest grup descarta el sub-model densitat i acaba parlant en termes de forces (#42). En el cas del M3-densitat, tot i que amb la tasca es pretén principalment promoure la construcció de la idea de densitat (comparar quantes boles de diferents materials es necessiten per enfonsar el got d'aigua), també es promou integrar les idees de forces ja treballades (comparar el pes del got amb boles a dins i el got ple d'aigua i explicar per què s'enfonsen igual). És per això que els dos sub-models van sortint al llarg de les discussions dels dos grups (#46 i #47).

En els moments on diferents sub-models s'intercalen dins d'un mateix diàleg o moment de la seqüència (#42, #46 i #47), els diferents sub-models no apareixen de manera ordenada sinó que, d'igual manera que en el model de canvi químic, van apareixent i re-apareixent al llarg de la discussió. Aquestes re-aparicions o canvis de model no es donen en aquest cas degut a un canvi de pregunta de la tasca, sinó perquè les alumnes utilitzen aquests dos sub-models de manera bastant integrada, per exemple, passant d'una explicació en termes del pes de l'objecte i el volum submergit (empenta) a una explicació en termes de la relació entre pes i volum (densitat) entre els dos objectes. De fet, en una mateixa explicació es poden utilitzar els dos sub-models de manera simultània, ja que els dos es complementen (ex. *“per enfonsar el got fins la vora necessitaràs menys boles que aigua. Per què? Perquè són més denses, per tant, el seu pes és major[...] i amb menys volum de boles podrem trobar el punt d'equilibri [de forces] abans”* (B21, 63:17-63:15)<sup>19</sup>)

En relació al **sub-model de densitat**, aquest surt poques vegades al llarg de la seqüència ja que aquesta sobretot treballa idees de forces, però tot i així es pot apreciar una tendència positiva, sobretot en el G1, que utilitza aquest model en més moments. Aquest grup comença al principi del M2 en nivells molt bàsics del model (#42), com el nivell 1 (la flotació només depèn de la massa, del volum, de la forma, etc.) o el nivell 2 (la densitat depèn de la densitat o del material del que està fet l'objecte) però ràpidament avança cap a nivells més alts (nivells 3 i 4, on es té en compte la densitat relativa de l'objecte i el fluid, sigui incorrectament o correctament). A l'inici de la conversa final (M3-densitat, #46) les alumnes d'aquest grup torna a un nivell 2 perquè es fixen en aspectes concrets del fenomen (primer es fixen en la densitat de les boles en comparació a l'aigua que es posa dins del got) però al final de la conversa salten al nivell 4 (perquè per tal d'explicar el fenomen comparen la densitat de les boles amb la de l'aigua de fora del got). En el cas del G2, que només discuteix en termes de densitat a la conversa final (M3-densitat, #47) aquest grup comença a explicar el fenomen de manera espontània situant-se en el nivell 4 (*“estan fets d'un material més dens que l'aigua”* B23, 63:1) però necessita retrocedir a nivells menys sofisticats (nivell 2 i 3) per tal de discutir aspectes concrets del model que no estaven prou clars (per exemple, què implica en termes de massa i volum que un objecte sigui més dens que un altre).

<sup>19</sup> Per llegir la transcripció d'aquest diàleg es pot consultar la Taula 46 (episodi 5) de l'apartat de “Resultats i discussió respecte els mecanismes” (5.4.)

En el **sub-model de forces** s'observa una tendència diferent per a un grup i un altre. El G2 mostra quasi sempre una millora d'aquest sub-model dins de cada discussió (tot i tornar enrere a l'inici de cada discussió), mentre que el G1 en general avança però de manera molt més irregular.

En el cas del G2, en les primeres discussions (M1, #41 i M2, #43) comencen discutint en un nivell 1 (la flotabilitat s'explica per una força que fa surar o enfonsar-se), passen pel nivell 2 (la flotabilitat s'explica per un desequilibri absolut entre les forces pes i empenta) i acaben en un nivell 3 (la flotabilitat s'explica per un equilibri estàtic de forces entre pes i empenta). Creiem que el fet que a la segona discussió (M2) tornin a fer el mateix patró que a la primera discussió (M1), partint del nivell 1 i arribant al nivell 3, és perquè quan posem als alumnes en una nova situació o fenomen més complex que l'anterior (per treballar una idea més avançada del model), necessiten tornar enrere en la seva versió del model per anar incorporant una idea més complexa i així construir un model sòlid o complert que pugui explicar diferents situacions. Tot i així es veu una progressió cap al nivell 3 molt més ràpida que en el M1. En el cas de la següent discussió en termes de forces (M3-forces, #45), el G2 torna a partir del nivell 2 però al final de la discussió arriba al nivell 4 (la flotabilitat és una situació d'equilibri a la qual s'arriba depenent de la relació entre pes i empenta, on el pes és fix i l'empenta variable). En la última discussió, l'aparició del sub-model de forces és molt anecdòtica i es troba entre el nivell 3 i 4.

En el cas del G1, en la primera discussió (M1, #40) no s'observa cap progressió positiva del model, ja que es mantenen entre el nivell 1 (hi ha una força que empeny amunt) i el nivell 2 (hi ha una "lluïta" de forces però guanya l'empenta), i el nivell 3 apareix només de manera anecdòtica (com més força fas per enfonsar el got més força et fa l'aigua en contra). La dificultat per avançar a nivells més sofisticats té relació amb els dubtes relacionats amb la naturalesa de l'empenta ("*tanta força fan 2mm d'aigua?*" C15, 55:16). En la segona discussió (M2, #42), en canvi, sí que avancen cap a un model més sofisticat (després d'haver parlat en termes de densitat), partint de nou del nivell 1 i arribant a situar-se durant la major part de la discussió al nivell 4. Creiem que és interessant saber què ha pogut portar a aquest grup a avançar tan ràpidament a nivells sofisticats del model i a sostenir-los durant la conversa. Per aquest motiu a l'apartat 5.4. dels resultats (Mecanismes d'influència didàctica) s'analitzen en detall quines van ser els detonants que van promoure aquest canvi. En la següent discussió (M3-forces, #44) el G1 sorprenentment torna enrere en la versió del sub-model de forces, situant-se pràcticament al llarg de tota la discussió en un nivell 3 (i fins i tot apareixent també el nivell 2 en alguna ocasió). Creiem que aquesta activitat de revisió del model es fa difícil per a aquest grup ja que no és capaç de tornar a utilitzar un model d'equilibri i dinamisme (nivell 4) en la nova situació proposada i es queda amb una versió una mica menys sofisticada d'equilibri (nivell 3). En la última discussió (M3 densitat, #46) on es discuteix sobretot en termes de densitat, el sub-model de forces que presenta aquest grup, tot i ser poc present, passa d'un nivell 2 a un nivell 4 al final de la discussió.

### 5.3.5. Discussió en relació als models

#### 5.3.5.1. Les progressions d'aprenentatge empíriques són útils per reorientar el disseny

Conèixer la progressió real que fan els alumnes ens ha permès identificar els diferents **nivells del model** en els quals es poden trobar els futurs mestres de primària pel model de canvi químic i el model de flotació. Cada model clau consta d'una progressió pels sub-models descriptius ("macro" pel model de canvi químic i "densitat" pel model de flotació) i una progressió pels sub-models interpretatius ("micro" pel model de canvi químic i "forces" pel model de flotació). En el cas del model de canvi químic, el sub-model interpretatiu es divideix en dues progressions ("canvi físic" i "canvi químic") perquè es va veure que l'alumnat evolucionava en aquestes dues idees de manera independent.

**La progressió d'aprenentatge empírica** (és a dir, la progressió del model que fan els alumnes) **és diferent de les idees clau del model** en seqüència (és a dir, les idees del model que anem treballant a classe). Tot i

que tenen a veure, la gran diferència rau en què per treballar el model a classe el docent es focalitza en un aspecte o idea del model, mentre que quan els alumnes parlen, expressen i utilitzen tot el seu model (no un aspecte o idea en particular).

Les progressions ens permeten, en primer lloc, identificar quina és la **idea o fita clau per avançar de nivell del model**. Tal i com es pot apreciar a les progressions obtingudes, en el cas del model de canvi químic, les fites a assolir són distingir la conservació o no de la substància (pel sub-model macro descriptiu) i comprendre la diferència entre el canvi de disposició de les partícules vs. la recombinació interna de les partícules (pel sub-model micro interpretatiu). En el cas del model de flotació, les fites a assolir són atribuir la flotació a la densitat relativa (pel sub-model densitat descriptiu) i identificar l'equilibri dinàmic de les forces entenen la naturalesa del pes i l'empenta (pel sub-model forces interpretatiu).

En aquest sentit, saber quina és la idea o fita més important en la progressió ens ajuda a saber a quin aspecte del model hem de donar més èmfasi i dedicar-hi més temps i esforços durant la instrucció. En el nostre cas, tot i que aquesta unitat s'havia millorat iterativament, aquests resultats ens permeten fer **auto-crítica de la instrucció realitzada**, tant del model de canvi químic com del model de flotació, assenyalant alguns exemples de com seguir millorant:

En el **model de canvi químic** la idea principal del model interpretatiu (micro) no es va aclarir prou durant la instrucció: no es va fer èmfasi en distingir la diferència entre el canvi de disposició de les partícules (en un canvi físic) i el canvi de configuració interna d'aquestes, és a dir, de les peces (àtoms, molècules) que conformen les partícules (com és el cas en un canvi químic). Creiem que per ajudar a l'alumnat a l'assoliment d'un model més complex a nivell micro és essencial aprofundir, discutir i deixar molt clar a què ens referim amb cada terme (partícula, àtom, etc.) i per què és diferent en cada tipus de canvi (físic i químic). A més, hi ha una idea del model de canvi químic important que no hem treballat i que probablement ajudaria a sofisticar i millorar el model (tant a nivell macro com micro), que és la idea de proporcionalitat; és a dir, que les substàncies reaccionen en proporcions fixes (Merino & Izquierdo, 2011), mentre que en el canvi físic això no es dona. Creiem que seria interessant incorporar aquesta idea a nous dissenys.

En el **model de flotació** no es va donar prou importància a distingir l'equilibri estàtic d'una situació dinàmica. Aquesta idea, que ha mostrat ser clau en la progressió empírica del model en termes de forces (model interpretatiu), es va treballar només parcialment, demanant l'explicació de la flotabilitat dels cossos només en situacions d'equilibri i no en situacions dinàmiques (mentre un cos s'enfonsa o sura). Si bé és cert que la idea de dinamisme estava inclosa als materials i es va proporcionar un exemple al final de la unitat, el fet de no treballar-la en profunditat (sobretot per falta de temps) no va permetre que l'alumnat la pogués assolir eficaçment. En dissenys futurs creiem que hauríem de permetre als alumnes enfrontar-se a exemples de situacions dinàmiques i realitzar un cicle de modelització al voltant d'aquesta idea.

Des del nostre punt de vista, la progressió d'aprenentatge empírica obtinguda (amb les seves fites) pot ser un bon constructe per **reorientar el disseny**. Estem d'acord amb altres autores (Jiménez Bargalló, 2016; Rea-Ramírez, 2008), en que conèixer no només els models finals on volem que arribin els alumnes (*target models*) sinó també els models intermedis per on passa l'alumnat ens permet *“tenir una base sòlida, basada en la investigació, per dissenyar estratègies d'intervenció ajustada abans de la instrucció, i promoure una construcció de models més efectiva que simplement confiar en un conjunt d'activitats sense pensar en quin és el model intermedi que s'ha de construir a continuació”* (Jiménez Bargalló, 2016, p. 35; citant a Rea-Ramírez, 2008).



De fet, tal i com indiquen altres autors (Corcoran et al., 2009; Duschl et al., 2011), definir la fita superada a cada nivell de la progressió és de molta utilitat per a l'**avaluació**, ja que dóna un criteri clar per avaluar diferents nivells. També dóna una idea del camí d'aprenentatge que es pot esperar que facin els alumnes, permetent identificar en quin nivell es troba un alumne en un moment determinat i tenir clar en quina fita/objectiu s'ha de centrar el professorat en cada moment per aconseguir l'avanç de l'alumne al següent nivell.

Ara bé, fins a quin punt hauríem de dissenyar en base a la progressió empírica del model (el camí real que fan els alumnes) o en base a les idees del MCE en seqüència (aquelles idees clau del model ordenades), tal i com hem dissenyat les unitats didàctiques d'aquest estudi, segueix restant com una pregunta oberta.

### 5.3.5.2. L'evolució global dels models és positiva i depèn de la tasca

Els resultats de l'evolució del nivell del model que té l'alumnat de manera global ens indiquen una **millora progressiva** de tots els sub-models al llarg de la seqüència. A més, veiem que hi ha certs **moments clau de la seqüència** que afavoreixen la millora del model cap a versions superiors. En el cas del model de canvi químic, aquests dos moments són el M3 (experiment de l'efervescència que treballa la idea de conservació de la massa i recombinació d'àtoms) i el M5 (examen), mentre que en el cas del model de flotació aquests moments són el M2 (experiment que treballa la idea d'empenta i equilibri) i el M4 (tasca individual d'aplicació). D'aquests moments clau podem extreure unes característiques comunes, que ens permeten dir quins **tipus de tasques han afavorit un salt en els models**:

- 1) **Les tasques de les seqüències que treballen idees importants del model i ho fan al voltant de la observació, experimentació i discussió al voltant un fenomen paradigmàtic:** en el cas del model de canvi químic, les idees de conservació de la massa i recombinació d'àtoms es treballen amb el fenomen proper de l'efervescència, experimentant amb el pes de les substàncies i discutint la fórmula de la reacció. En el cas del model de flotació la idea de naturalesa de l'empenta es treballa de primera mà amb el fenomen proper d'enfonsar un got en aigua, experimentant a què equival l'empenta de l'aigua i comparant amb altres substàncies. Això està en consonància amb els resultats obtinguts en altres recerques (Hernández et al., 2015), on l'activitat experimental de caràcter discursiu (no mera indagació) fa evolucionar o saltar el model dels alumnes a versions més sofisticades.
- 2) **Les tasques de les seqüències avaluables que demanen l'aplicació de totes les idees del model prèviament treballades:** en els cas del model de canvi químic aquest moment va ser a l'examen (ja que la tasca individual anterior no era avaluable, no era d'un fenomen nou i es va realitzar abans d'haver treballat totes les idees del model) i en el cas del model de flotació aquest moment va ser la tasca individual avaluable. Tot i que en altres recerques el moment d'avaluació presenta una petita davallada en el nivell del model (Hernández et al., 2015), en el nostre cas, per alumnes universitaris i proves finals amb un pes important a la nota final, hem vist que els moments d'avaluació obliguen als alumnes a intentar posar en joc la seva millor versió dels models.

A més, creiem que els tipus de demanda o preguntes clau realitzades, així com el fenomen utilitzat en aquests moments tenen molt a veure amb aquests salts en el model. Les tasques realitzades en aquests moments clau, doncs, es poden considerar **bons exemples o tasques exemplars per treballar les idees clau d'aquests MCE**, especialment en el cas del model de flotació (per exemple, l'experiment i les preguntes realitzades en el M2 de flotació són molt adequades per treballar les idees d'empenta i equilibri) i per tant es poden aplicar a nous dissenys didàctics on es vulguin construir els mateixos MCE. Ara bé, és molt important tenir en compte que aquestes tasques clau (corresponents als moments de canvi de model) no s'han realitzat de manera aïllada, sinó que formen part d'una seqüència instruccional complexa que segueix

una lògica clara i que es compon de moltes altres tasques importants sense les quals aquests moments de canvi no haguessin estat clau per l'avanç en el model.

Un resultat més destacat, que es dona tant en el model de canvi químic com en el de flotació, és la **diferent evolució entre els models més “descriptius”** o en termes de les propietats (el sub-model macro i el sub-model densitat) i **els models més “interpretatius”** o abstractes (el sub-model micro-químic i el sub-model forces) sempre que no s'hagin treballat prèviament (com en el cas del sub-model micro-físic). En el cas dels models descriptius (o en el model interpretatiu que ja s'havia treballat anteriorment) l'evolució cap a versions sofisticades del model es dona ràpidament als inicis de la seqüència i la majoria de l'alumnat assoleix el MCE apropiat (nivell 4) al final de la seqüència. En canvi, en el cas dels models interpretatius no treballats anteriorment l'alumnat triga molt més a avançar cap a nivells superiors del model i menys alumnes aconseguen arribar al MCE apropiat al final de la seqüència.

### 5.3.5.3. L'evolució individual dels models és irregular i depèn del grup

L'evolució individual ens mostra que l'alumnat no sempre avança o es manté en una versió del model sinó que en certs moments pot anar enrere a versions menys sofisticades. Això ens indica que **l'ús o expressió dels models** que fan els alumnes no millora linealment ni és igual en totes les alumnes, sinó que **depèn d'altres factors contextuais** que van més enllà de la tasca proposada, com el fenomen que s'estigui intentant explicar, la pregunta que es vol respondre, el comentari o opinió donada per companys, etc. Aquests resultats estan d'acord amb els autors que consideren els models mentals dels alumnes com a dependents del context (DiSessa, 1988; Hrepic, 2000), és a dir, que la manifestació del coneixement conceptual és dependent de la persona i del moment o context en el qual es trobi: *“El contingut conceptual es manifesta de manera diferent en els diferents individus i, fins i tot, també en un mateix individu en diferents moments en el temps.”* (Aparicio & Rodríguez Moneo, 2000, p. 24). En aquest sentit, com diuen altres autors, avançar en el model *“és un procés, llarg, complex i no lineal, que implica avanços, regressions, titubejos i fortament determinat per qüestions emocionals i socials.”* (Bello, 2004, pp. 211, 216).

Aquesta **diversitat de camins individuals** en la progressió del model **depèn del grup**. Els resultats mostren una evolució individual diferent entre el grup 1, on l'evolució és irregular entre les seves components, és a dir, cada alumna evoluciona força diferent amb cada tasca de la seqüència; i el grup 2, on totes les alumnes evolucionen de manera uniforme amb una mateixa tasca, és a dir, la mateixa tasca és productiva per fer avançar a totes les alumnes en el model. Per tant, observem que una mateixa tasca permet saltar de nivell a tots els components d'un grup (és a dir, aquella tasca és productiva) mentre que en l'altre grup només avancen alguns membres (la mateixa tasca no és productiva). També s'observa que les alumnes del grup 2 són capaces d'avançar de manera més significativa al llarg de la seqüència i arribar a assolir nivells més sofisticats dels models que les alumnes del grup 1. Això es dona especialment en els sub-models amb més potencial interpretatiu i per tant més difícils (és a dir, el sub-model canvi micro-químic i sub-model flotació-forces). Tot i que el domini inicial dels models era igual en els dos grups, pràcticament totes les alumnes del grup 2 assoleixen els MCEs apropiats (7 de 8, 88%) mentre que molt poques alumnes del grup 1 hi arriben (3 de 10, 30%). Per tant, sembla ser que el **grup de treball té una influència important en l'evolució i domini dels models**, especialment en els models interpretatius.

Una possible explicació seria que aquestes diferències en l'avanç del model són degudes a la composició del grup, en concret amb l'existència d'alguna alumna **líder** o amb millor nivell o coneixement del tema (és a dir, una alumna que tiri del grup i tingui un model més sofisticat). Hem vist que aquesta variable no afecta en aquest estudi, ja que en els dos grups hi ha hagut dues alumnes que tenien un rol de líder i que normalment tiraven de la conversa i donaven les millors idees per fer avançar en el model (alumna C11 en el cas del grup 1, i alumna B21 en el cas del grup 2).

Una altra possible explicació a aquest fet és el clima de confiança i el tipus de discussió que es dona en cada grup. De fet, els resultats indiquen que el grup que treu més profit de les tasques **arribant a un major domini** dels models (grup 2) és també el grup que s'involucra més temps en **pràctiques de modelització d'alt nivell cognitiu** (avaluació i revisió) i que segueix molt un **patró iteratiu de modelització interessant** (d'avaluar i revisar de manera continuada), tal i com s'ha explicat a l'apartat de "Resultats i discussió respecte la modelització" (5.2.). Això ens indica que **el tipus de discussió** que es dona dins del grup influeix en que aquesta discussió sigui productiva per a tots els membres del grup (i puguin assolir millors nivells del model) o no. És a dir, els nostres resultats apunten a que **si les practiques de modelització son més bones, els alumnes segurament arribaran a millors models.**

Aquest fet té més importància de la que inicialment podíem donar a aquesta relació, ja que implica que si som capaços de promoure una millora en les pràctiques de modelització de l'alumnat, això pot tenir repercussions en la millora dels seus models. Considerem que per tal de poder involucrar-se en pràctiques interessants com l'avaluació i la revisió de manera continuada, és necessari que el grup s'involucri genuïnament en la tasca i tingui prou **confiança** (un bon clima de confiança, bona relació entre els membres, etc.) com per permetre un alt grau de discordança, una acceptació de l'error o l'equivocació, etc.; condicions indispensables pel qüestionament i discussió profunda entorn el model. La promoció d'aquestes pràctiques i aquest clima de confiança es pot inspirar en la literatura sobre comunitats d'aprenentatge, en concret comunitats d'indagació (Stoll, Bolam, McMahon, Wallace, & Thomas, 2006) on es donen les característiques esmentades per tal de fer avançar el coneixement del grup.

Tot i així, cal tenir en compte que pel baix gruix de la mostra (només dos grups) no podem arribar a conclusions robustes sobre aquesta influència de la modelització en l'assoliment dels models, sinó indicar una possible tendència o relació entre aquests dos factors. Futures recerques interessants poden anar encaminades a investigar aquesta relació modelització-models amb més grups de treball, analitzant així mateix altres possibles característiques dels grups que poden influenciar en l'evolució i domini dels models.

#### 5.3.5.4. Els patrons de variació del model són desordenats i dependents del context

En relació als patrons de variació del model dins les discussions (en cada moment), els resultats indiquen que al llarg de la discussió el grup no es troba sempre dins del mateix nivell del model, sinó que **va i ve d'una versió a una altra del model de manera irregular i desordenada**, avançant i retrocedint en múltiples ocasions.

Això es pot interpretar, en el marc dels models mentals, com que **els models són poc estables i dependents del context** (DiSessa, 1988; Hrepic, 2000). De fet, considerem que són tan poc estables que poden anar variant al llarg d'una mateixa conversa, de manera que els alumnes salten d'un model a un altre contínuament depenent de l'aspecte que s'estigui discutint. Tal i com afirmen Bell i Gilbert, *"una persona pot tenir creences que es contradiuen entre elles, aplicant una creença a un context i una altra creença a un altre context."* (Bell & Gilbert, 1996, p. 4). Fins i tot des de visions més estructurals de canvi conceptual accepten aquesta variabilitat dels models considerant que utilitzem el nostre coneixement de manera diferent en diferents contextos i situacions, que no sempre posem en joc tot el que sabem, sinó només una part, possiblement aquella que ens sigui útil; i que creem nous conceptes a mesura que els anem necessitant, ajustant-los a allò que observem o discutint: *"Les persones no apliquem tot el que sabem d'un concepte en totes les circumstàncies, sinó que recuperem només una part del nostre coneixement conceptual en cada cas o fins i tot creem nous conceptes ad hoc, depenent del context en què té lloc l'operació de classificació."* (Aparicio & Rodriguez Moneo, 2000, p. 24). Tenint en compte aquestes idees, les variacions que s'observen del model dins d'una mateixa discussió i concretament l'aparició d'una versió del model més sofisticada, no s'ha de considerar com un assoliment estable d'aquell nivell del model, sinó

com una intervenció on les alumnes **posen en joc** algunes idees d'aquell model perquè els hi resulten útils, unes idees que poden variar (i de fet varien) amb el següent exemple i discussió.

Un resultat que s'observa quan es miren totes les discussions seguides (d'un mateix model) és que **en començar una tasca nova els grups retrocedeixen algun nivell del model** respecte la última versió del model expressada al final de la tasca anterior. Això ens porta a pensar que l'alumnat necessita de **molts moments de discussió**, entorn a **diferents fenòmens** i treballant **diferents idees del model**, per tal d'anar sofisticant i consolidant el seu model (i tots els sub-models que el componen). Ara bé, en general, gairebé totes les tendències de totes les tasques és positiva (línia de tendència positiva al llarg de la discussió), és a dir, **la tendència general** en cada discussió i en totes les discussions **és d'anar millorant el model**. De fet, creiem que quan una seqüència està ben dissenyada amb l'objectiu de superar les possibles dificultats conceptuals que es poden donar i s'intenten anar treballant les idees del model de manera progressiva (tal i com hem fet en aquestes seqüències), tot i que la discussió presenti un aparent retrocés, **aquest retrocés és necessari** per poder avançar cap a versions més sofisticades del model i arribar a construir un MCE apropiat al final de l'activitat o seqüència.

En resum, aquests resultats ens indiquen clarament que per poder arribar a apropiat-se d'un MCE adequat, l'alumnat necessita **discutir sobre el seu model una vegada i una altra, en diferents situacions, exemples i fenòmens**. A més, ha de tenir l'oportunitat de poder avançar i retrocedir en la seva versió del model al llarg de cada discussió. Per això caldrà fer que l'alumnat s'involucri en un diàleg crític on no només se li permeti sinó que se li promogui qüestionar, estar en desacord, equivocar-se, criticar i analitzar les limitacions del model en múltiples ocasions, per tal de buscar explicacions cada vegada més plausibles, fructíferes i productives (és a dir, avaluar i revisar el model). És així, amb temps i amb un enfocament didàctic que promogui una activitat discursiva crítica i d'indagació, com creiem que l'alumnat podrà anar construint el seu coneixement (un MCE apropiat o adequat) i arribar a ser "expert" per transferir-lo a noves situacions (DiSessa & Wagner, 2005).

## 5.4. Resultats i discussió respecte els mecanismes d'influència didàctica

En aquest apartat es presenten i discuteixen els resultats respecte els mecanismes d'influència didàctica, amb l'objectiu de respondre a les preguntes de recerca que ens plantejàvem: de quines formes es promou o incentiva una activitat de modelització, qui ho promou i quins dels mecanismes utilitzats són més nombrosos i més productius. L'anàlisi combinada realitzada – una part quantitativa (comptabilitzar i calcular percentatges) i una part qualitativa (analitzar episodis concrets per identificar si els mecanismes són productius o no) – ens ha permès donar compte d'aquests mecanismes i dels seus efectes en l'activitat de modelització.

Tal i com hem comentat al marc teòric, definim **mecanismes d'influència didàctica** (a partir d'ara "mecanismes") com aquelles estratègies, detonants o causants de l'activitat, és a dir, allò que engega l'activitat (científica escolar) a l'aula. Concretament, ens centrem en aquells mecanismes que promouen o estan orientats a la construcció de models, i no en d'altres que poden promoure altres aspectes igualment interessants, com l'autonomia, etc. (Jiménez Bargalló, 2016). Per tant, els mecanismes presentats a continuació són aquells que s'ha identificat que engeguen una activitat científica escolar de modelització (tant les pràctiques de modelització com els models).

En el primer apartat d'aquesta secció de resultats (5.1.) identifiquem quins mecanismes d'influència didàctica es donen amb més freqüència al llarg de totes les discussions d'aula analitzades. En aquest cas s'ha realitzat una codificació a escala petita (tot i que amb una unitat d'anàlisi lleugerament major que en els apartats anteriors) i una anàlisi quantitativa que ens dona informació percentual. En el segon apartat (5.2.) ens centrem en els mecanismes d'influència més abundants, identificant l'efecte que tenen en l'activitat de modelització mitjançant l'anàlisi qualitativa d'episodis prèviament seleccionats com a interessants didàcticament. Ens situem en una anàlisi molt més sistèmica que ens fa sentir com a investigadores participants ja que ens dona una informació que podria quedar amagada darrere les freqüències i patrons dels resultats anteriors.

Amb l'objectiu de facilitar la lectura dels resultats, a la Taula 35 es presenten tots de gràfics obtinguts en aquest apartat de mecanismes, ordenats segons l'ordre d'aparició en aquest apartat. En ella s'inclou el nom de cada tipus de gràfic (cel·les amb fons blanc) i dins de cadascun, el nom i número concret de cada gràfic (cel·les de colors), que és el nom usat per referir-nos a cadascun dels gràfics inclosos en aquest apartat.

		Model Canvi Químic		Model Flotació					
		Situació	Grup	Nom del gràfic		Situació	Grup	Nom del gràfic	
MECANISMES				Gràfic 12. Patrons de variació de models i la modelitz. d'episodis interessants	Gràfic 13. Mecanismes d'influència en els models i modelitz.			Gràfic 12. Patrons de variació de models i la modelitz. d'episodis interessants	Gràfic 13. Mecanismes d'influència en els models i modelitz.
	F3 i M3	G1	#48. Episodi 1: Tasca Canvi 8 – G1	#48'. Episodi 1: Tasca Canvi 8 – G1	F4 i M3 forc.	G2	#51. Episodi 2c: Tasca Flot 5 – G2	#51'. Episodi 2c: Tasca Flot 5 – G2	
	F3 i M3	G1	#49. Episodi 2a: Tasca Canvi 8 – G1	#49'. Episodi 2a: Tasca Canvi 8 – G1	F2 i M1	G1	#53. Episodi 3b: Tasca Flot 2 – G1	#53'. Episodi 3b: Tasca Flot 2 – G1	
	F2 i M1 micr.	G1	#50. Episodi 2b: Tasca Canvi 6–G2	#50'. Episodi 2b: Tasca Canvi 6–G2	F3 i M2	G1	#54. Episodi 4a: Tasca Flot 4 – G1	#54'. Episodi 4a: Tasca Flot 4 – G1	
	F2 i M1 micr.	G1	#52. Episodi 3a: Tasca Canvi 6–G2	#52'. Episodi 3a: Tasca Canvi 6–G2	F3 i M2	G2	#55. Episodi 4b: Tasca Flot 4 – G2	#55'. Episodi 4b: Tasca Flot 4 – G2	
					F3 i M3 dens.	G2	#56. Episodi 5: Tasca Flot 8 – G2	#56'. Episodi 5: Tasca Flot 8 – G2	
					F3 i M2	G1	#57. Episodi 6: Tasca Flot 4 – G1	#57'. Episodi 6: Tasca Flot 4 – G1	
					F3 i M2	G1	#58. Episodi 7a: Tasca Flot 4 – G1	#58'. Episodi 7a: Tasca Flot 4 – G1	
					F2 i M1	G1	#59. Episodi 7b: Tasca Flot 2 – G1	#59'. Episodi 7b: Tasca Flot 2 – G1	

Taula 35: Resum dels gràfics inclosos als resultats sobre els mecanismes d'influència didàctica.

Segons ordre d'aparició: Nom de cada tipus de gràfic (cel·les fons blanc) i nom i número concret de cada gràfic (cel·les de colors).

#### 5.4.1. Mecanismes d'influència didàctica i responsables que els promouen

En aquest apartat mostrem els diferents mecanismes identificats en totes les discussions de grup (en els dos grups, en totes les fases i moments) analitzades en aquesta tesi. Els mecanismes identificats s'han agrupat en les diferents pràctiques de modelització segons quina pràctica promouen predominantment (expressar/usar el model, avaluar el model o revisar el model) o en aquelles genèriques/generals (que no promouen específicament cap pràctica de modelització) (Taula 36).

Els resultats mostren que facilitar una activitat de modelització per construir uns MCE clau es fa de forma compartida entre la tasca (allò que es demana fer a l'alumnat a través del disseny de l'assignatura), la influència del professorat (les intervencions que fa en la discussió) i els mateixos alumnes (allò que es diuen entre ells mentre intenten resoldre la tasca, ja que tenen un grau d'autonomia important). Identifiquem doncs, la *Tasca*, el *Professorat* i l'*Alumnat* com els diferents "responsables" d'utilitzar els diversos mecanismes identificats.

A la taula 36 es mostra el nombre de vegades que cada responsable ha utilitzat cada mecanisme (les 3 columnes sota el títol de "Responsable"). Del responsable "Alumnat" s'ha distingit entre el grup 1 ("G1"), grup 2 ("G2") i s'ha indicat la suma dels dos o total ("T"). A les columnes de la dreta s'indica el nombre de vegades i percentatge que un mecanisme inicia una activitat ("Total per mecanisme"), i el percentatge de vegades que els mecanismes de cada pràctica de modelització inicien una activitat ("Total per pràct."). A les últimes files ("Total per responsable") s'indica el nombre de vegades i percentatge que cada responsable utilitza mecanismes que inicien una activitat. Per facilitar la lectura de la taula s'han utilitzat un gradient de



Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes

colors (colors més foscos com més vegades es dona un mecanisme per un responsable i més clars com menys vegades<sup>20</sup>). Finalment, per tal de destacar els mecanismes més freqüentment promoguts per algun responsable, aquests s'han ressaltat en **negreta**.

Pràctica de modelització (Què promouen?)	Mecanismes d'influència didàctica orientats a la construcció de models	Responsable (Qui l'utilitza/promou?)					Total per mecanisme		Total per pràct %
		Tasca	Prof	Alumnat			Núm	%	
				G1	G2	T			
Promouen modelització en general	1.1. Demanda de la opinió pròpia		2	2	0	2	4	2%	5%
	1.2. Connexió d'aprenentatges		1	1	4	5	6	3%	
Promouen Expressar / usar model	<b>2.1. Demanda d'usar model</b>	<b>14</b>	2	2	0	2	18	9%	17%
	2.2. Demanda d'expressar model	8	1	3	0	3	12	6%	
	2.3. Destacament d'idees rellevants del model		4	0	2	1	5	2%	
Promouen Avaluar model	<b>3.1. Qüestionament del model</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	44	22%	30%
	<b>3.2. Demanda o aportació d'altres dades</b> (experiències quotidianes, experiments mentals o fenòmens de classe anteriors)		1	6	9	15	16	8%	
Promouen Revisar model	4.1. Promoció de la divergència		5	1	0	1	6	3%	48%
	<b>4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	24	12%	
	4.3. Re-enfocament en l'objectiu		3	3	2	5	8	4%	
	<b>4.4. Introducció d'idees noves</b>	2	<b>10</b>	1	1	2	14	7%	
	4.5. Ús d'analogies			2	0	2	2	1%	
	4.6. Comparació d'expressions del model	2	2	1	1	2	6	3%	
	<b>4.7. Anàlisi de la completesa del model</b>		<b>10</b>	2	2	4	14	7%	
	<b>4.8. Promoció de la convergència</b>	2	5	8	2	10	17	8%	
	4.9. Ús de la base d'orientació	4	1				5	2%	
<b>TOTAL per responsable</b>	<b>Núm.</b>	<b>45</b>	<b>63</b>	<b>93</b>			200		
	<b>%</b>	<b>22%</b>	<b>31%</b>	<b>46%</b>				100%	<b>100%</b>

Taula 36: Nombre de vegades d'ús dels mecanismes d'influència didàctica pels diferents responsables.

En primer lloc, els resultats mostren que la majoria (95%) de mecanismes identificats són **específics d'alguna pràctica de modelització** (és a dir, no generals), i que només un 5% són mecanismes generals de modelització. D'aquells específics d'alguna pràctica, s'observa que es necessiten molts més recursos per promoure l'**avaluació i la revisió** de models (30% i 48% respectivament), que per l'**ús i expressió** d'aquests (17%). A més, s'observa que hi ha una gran varietat de mecanismes (16 mecanismes), i la majoria d'ells són per promoure la **revisió del model** (9 mecanismes). Tenint en compte que la modificació d'idees és essencial en l'aprenentatge (ja que és quan es dona aprenentatge), el fet que els mecanismes que enguixen la revisió del model siguin tan diversos i abundants ens indica que s'està donant una **bona situació d'ensenyament-aprenentatge**, on s'està promovent la revisió i modificació d'idees a través de mecanismes molt variats.

D'entrada, alguns dels mecanismes ens semblen més interessants que d'altres per ser **especialment clau en el procés de modelització** (ex. demanar aclarir el model o analitzar la completesa del model). Aquests mecanismes són molt propis d'una manera de fer, pensar i parlar "científica" o d'una activitat discursiva de caire indagatiu/argumentatiu, i promouen probablement un tipus de raonament més productiu en termes del model (per ex., per aclarir el model o analitzar la seva completesa cal parlar d'aspectes concrets del model, especificar-los, justificar-los en base a proves, etc.). En canvi, altres mecanismes no els considerem

<sup>20</sup> Colors per les cel·les de "Núm.": 1-4 (beige), 5-9 (groc), 10-19 (taronja clar), 20-39 (taronja fosc), 40-59 (vermell), >60 (marró). Colors per les cel·les de "%": segons les cel·les de "Núm." a les quals corresponen.



tan clau (ex. promoció de la convergència o demanda de la opinió pròpia) perquè no necessàriament impliquen un tipus de raonament científic (per ex., promoure la convergència pot requerir fer un esforç per integrar o millorar les idees prèviament exposades, però també pot implicar únicament posar-se d'acord per escriure una resposta a la pregunta del dossier).

Si ens fixem en els diferents **responsables** (la tasca, la professora i les alumnes), observem que utilitzen diferents maneres o mecanismes per influir en aquesta activitat, la qual no és fàcil. En el cas de la **Tasca** dissenyada, la variabilitat de mecanismes és baixa en comparació amb els del professor o l'alumnat. En aquest cas, els mecanismes més abundants i característics de la tasca (cap més responsable ho fa tant) són la demanda d'usar el model, i la demanda d'expressar el model. El **professorat** utilitza especialment i de manera característica els mecanismes d'introducció d'idees noves i d'analitzar la completesa del model, però també d'altres, com el de qüestionar el model, demanar aclarir el model o explicació, i també promoure la convergència o la divergència. Finalment els mecanismes propis de l'**alumnat** són els més variats (gairebé tots els identificats). L'alumnat el que fa sobretot és qüestionar el model, però també utilitza bastant altres mecanismes com demanar o aportar altres dades, demanar aclarir el model o explicació, i promoure la convergència (mecanismes molt menys usats per la tasca o el professorat).

**La tasca**, promovent la demanda d'usar el model o expressar-lo, inicia o engega la situació d'aula, ja que és el que mostra un fenomen paradigmàtic o una manera de mirar, però en general té un **paper petit** (22% de les vegades). De fet, és destacable que gairebé la meitat de les vegades (46%) és l'**alumnat** qui **engega una activitat de modelització** amb una gran varietat de mecanismes. Cal tenir en compte, però, que els vídeos de les converses analitzades són únicament de les discussions dels grups d'alumnes, on el professor (que s'ha de repartir entre els diferents grups) hi és en pocs moments al llarg de les discussions (en algunes d'elles no hi apareix en cap moment). La **rellevància del docent**, és doncs important de destacar, ja que tot i ser una situació no ideal (on el professor ha de passar per 8 grups de 4 alumnes i només té temps per fer intervencions curtes, focalitzades, aïllades, etc.), el seu rol és significatiu (engega una activitat de modelització el 31% de les vegades) i la seva influència és molt rellevant en aspectes difícils que l'alumnat no pot fer per si sol (com la introducció d'idees noves o l'anàlisi de la completesa del model).

L'alumnat, per la seva banda, té un paper clau, ja que es fa un treball bastant autònom, on la majoria de l'activitat la promouen ells utilitzant una gran diversitat de mecanismes d'influència didàctica. Aquesta influència és especialment rellevant en l'avaluació del model. Per tant, es pot dir que **les alumnes són agents actius en l'avaluació**, mentre que els hi costa una mica més promoure la revisió per si soles. Això pot sorprendre, ja que es pot interpretar que l'alumnat qüestiona molt el model de manera espontània en un context on la tasca sembla promoure poc aquest qüestionament. Ara bé, la tasca, que promou sobretot usar i expressar el model, es troba en un context on els fenòmens s'han escollit expressament per anar treballant les idees del MCE en progressió i on les demandes d'ús i expressió del model es fan abans i després de realitzar els experiments, de manera que indirectament el propi disseny ja promou una avaluació i revisió del model. Tot i que el qüestionament es dona poc a la tasca i que podria haver-se promogut de manera més explícita (com ja hem comentat a l'apartat de resultats sobre modelització), el fet que en el disseny estiguin triats uns fenòmens i experiments expressament en progressió i que es demani usar i expressar el model abans i després de realitzar aquests experiments segurament propicia que l'alumnat qüestioni els seus models en tantes ocasions.

És interessant que no s'observen diferències significatives entre els dos grups en quant al número de vegades que utilitzen els diferents mecanismes. Concretament en el cas dels mecanismes més característics de l'alumnat, els d'avaluació del model, els dos grups els utilitzen pràcticament per igual (13 vegades el G1 i 15 vegades el G2 en el qüestionament del model, i 6 vegades el G1 i 9 vegades el G2 en la demanda o aportació d'altres dades). Ara bé, vèiem en els resultats referents a la modelització que un grup d'alumnes

s'involucra més en pràctiques d'avaluació i revisió (més percentatge de temps i en més patrons iteratius d'avaluació i revisió) que l'altre grup. Això ens indica que els detonants o mecanismes depenen de la tasca proposada, però **alguns grups en treuen més profit que d'altres d'aquests mecanismes**, pel tipus de discussió en la qual s'involucren, **fent una pràctica de modelització més interessant**. Per tant, tot i que la proposta didàctica promogui l'ús característic de mecanismes propis d'avaluació per part de l'alumnat, l'efecte dels mateixos en l'activitat de modelització depèn del grup: per alguns alumnes aquests mecanismes engeguen una participació en pràctiques d'avaluació i revisió de forma extensa (més temps o amb un patró iteratiu) i per altres no tant.

Al llarg de l'anàlisi qualitatiu d'episodis interessant a l'apartat següent (3.2.) intentem identificar si els mecanismes més abundantment utilitzats per cada responsable són realment útils per promoure una activitat de modelització productiva a l'aula, tant en termes del model com en termes de la modelització.

#### 5.4.2. Influència dels mecanismes més abundants en l'activitat de modelització

En els següents apartats analitzem en quines condicions i en quin grau els mecanismes d'influència didàctica més utilitzats per la tasca, professorat o alumnat són **productius** (és a dir, promouen pràctiques de modelització que porten a millorar el model). Concretament, s'analitza i es discuteix la influència que tenen els 7 mecanismes prèviament identificats com més abundants per cadascun dels responsables: 1. Demanda d'usar el model (tasca), 2. Qüestionament del model (alumnat), 3. Demanda o aportació d'altres dades (alumnat), 4. Demanda d'aclarir el model o explicació (alumnat), 5. Introducció d'idees noves (professorat), 6. Anàlisi de la completesa del model (professorat), i 7. Promoció de la convergència (alumnat).

Aquesta secció, doncs, es divideix en 7 apartats: un per cada mecanisme mencionat. Dins de cada apartat s'inclouen un o varis episodis didàcticament significatius que mostren de manera representativa situacions on aquell mecanisme determinat té una influència, per identificar si aquesta és productiva o no (si hi ha una evolució del model o una participació en pràctiques de modelització interessants). Al final de cada apartat s'integren els resultats obtinguts dels episodis analitzats i es discuteixen les implicacions didàctiques per aquell mecanisme.

Per a cada episodi s'inclou la descripció de l'escenari d'ensenyament-aprenentatge, amb un gràfic (gràfic 12) on es mostren els patrons de variació de la modelització i models d'aquell escenari de manera integrada<sup>21</sup>. En cada gràfic s'indica el segment que correspon a l'episodi seleccionat (amb un quadre vermell). Després de situar l'episodi en qüestió en el seu context o escenari, es presenta la transcripció literal de la conversa amb l'anàlisi detallada que es va fer respecte la modelització, els models i els mecanismes. En el format digital també es pot accedir al vídeo de cada episodi a través d'un *Enllaç* que s'inclou a la taula de transcripció<sup>22</sup>. A continuació, representem aquesta anàlisi per complert un altre gràfic (gràfic 13) amb un intent d'integrar aquesta informació de manera visual. Finalment, es discuteix la possible influència que ha tingut el mecanisme en qüestió en l'activitat de modelització, tenint en compte altres mecanismes paral·lels i les variabilitats concretes de cada episodi que poden estar influïent en l'efecte d'aquests mecanismes. En total s'han inclòs 12 episodis, dels quals 4 corresponen al model de canvi químic i 8 al model de flotació; i 7 d'ells són del grup 1 i 8 d'ells són del grup 2.

A la taula 37. es mostra un resum dels 7 apartats a continuació amb els 12 episodis que els componen, indicant el mecanisme que es mostra a cada apartat, l'episodi(s) que s'inclouen per aquell mecanisme (amb

<sup>21</sup> Aquest tipus de gràfic no és més que la integració del gràfic 5 de l'apartat de modelització, amb els gràfics 10 o 11 de l'apartat de models.

<sup>22</sup> L'accés a aquests vídeos és restringit (per tal d'assegurar la confidencialitat de les participants). Per poder-los visualitzar és necessari rebre autorització de l'autora a través del correu electrònic [agarridoespeja@gmail.com](mailto:agarridoespeja@gmail.com).

l'escenari d'E-A, el grup analitzat, les cites de l'anàlisi i el temps concret en el vídeo), l'efecte del mecanisme en aquell episodi (què passa?) i els gràfics obtinguts (gràfics 13).

Mecanismes més abundants	Episodis Escenari, grup, cites i temps	Efecte dels mecanismes (Què passa?)	Gràfics obtinguts (gràfic 13: Mecanismes d'influència en els models i modelització)
Demanda d'usar model (Tasca)	<b>EP 1</b> Tasca Canvi 8 (G1) 38:47-40:27 (Cites 60:58-60:65)	Avancen en el model (de mq1 a mq3). <b>La demanda d'usar el model feta per la tasca ajuda a l'alumnat a repensar el model.</b>	#48' 
	<b>EP 2a</b> Tasca Canvi 8 (G1) 17:57-25:45 (Cites 60:37-60:54)	No avancen en el model (de mq3 a mq2) ni es fa cap pràctica de modelització interessant. <b>El qüestionament per si sol no porta a res, i pot confondre a l'alumnat.</b>	#49' 
Qüestionament del model (Alumnat)	<b>EP 2b</b> Tasca Canvi 6 (G2) 00:00-02:14 (Cites 42:1-42:7)	Avancen en el model (de M2 a M3). <b>El qüestionament amb l'aportació d'altres dades pot permetre l'avanç en el model quan la idea és prou fàcil.</b>	#50' 
	<b>EP 2c</b> Tasca Flot 5 (G2) 02:20-09:00 (Cites 53:2-53:1)	Avancen en el model (de F2 a F3/F4). <b>El qüestionament pot permetre avançar si la professora introdueix idees i fa altres mecanismes.</b>	#51' 
	<b>EP 3a</b> Tasca Canvi 6 (G2) 07:47-09:25 (Cites 42:18-42:23)	Fan modelització interessant (ava-rev) però no avancen en model. <b>La demanda o aportació d'altres dades no serveix per avançar en el model quan la idea és difícil, però sí serveix per fer una pràctica de modelització interessant.</b>	#52' 
Demanda o aportació d'altres dades (Alumnat)	<b>EP 3b</b> Tasca Flot 2	Fan modelització interessant (ava-rev) però	#53' 

	<p>(G1) 04:55-08:05 (Cites 55:7-55:23)</p>	<p>no avancen gaire en model. <b>La demanda o aportació d'altres dades juntament amb altres mecanismes fets per l'alumnat no serveix per avançar en el model quan la idea és difícil, però sí serveix per fer una pràctica de modelització interessant.</b></p>	
<p><b>Introducció d'idees (Professorat)</b></p>	<p><b>EP 4a</b> Tasca Flot 4 (G1) 05:15-09:38 (Cites 43:12-43:21)</p>	<p>Avancen en el model (de F1 a F4). <b>La introducció d'idees, juntament amb altres mecanismes realitzats per la professora, com la demanda d'aclarir el model o el qüestionament, sí que permet un clar i ràpid avanç en el model.</b></p>	<p>#54'</p>
	<p><b>EP 4b</b> Tasca Flot 4 (G2) 03:35-05:52 (Cites 57:5-57:10)</p>	<p>Avancen en el model (de F1 a F3). <b>La introducció d'idees amb altres mecanismes realitzats per la professora (demana aclarir el model o qüestionar-lo) sí que permet un clar i ràpid avanç en el model.</b></p>	<p>#55'</p>
<p><b>Demanda d'aclarir el model o explicació (Alumnat)</b></p>	<p><b>EP 5</b> Tasca Flot 8 (G2) 12:04-16:36 (Cites 63:11-63:19)</p>	<p>Fan modelització interessant (ava-rev) però no avancen gaire en model. <b>Quan l'alumnat demana aclarir el model i usa altres mecanismes (re-enfocar, qüestionar, connectar aprenentatges...), no serveix per avançar en el model, però sí per fer una modelització interessant.</b></p>	<p>#56'</p>
<p><b>Anàlisi de la completesa del model (Professorat)</b></p>	<p><b>EP 6</b> Tasca Flot 4 (G1) 18:19-21:49 (Cites 43:33-43:37)</p>	<p>Reafirmen el model (F4). <b>L'anàlisi de la completesa del model feta pel professorat no fa avançar però serveix per reafirmar el model assolit i millorar la seva</b></p>	<p>#57'</p>



		<b>completesa/robustesa.</b>	<table border="1"> <tr> <td>Escenari d'E-A</td> <td colspan="4">#57: EPISODI 7: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 43, Cites 43:33–43:37)</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="4">Demanda: Identificar a què equival l'empenta de l'aigua.</td> </tr> <tr> <td>Mecanisme</td> <td>4.3. Re-enfocament en l'objectiu (Prof)</td> <td>4.7. Anàlisi de la completesa del model</td> <td>4.8. Promoció de la convergència (Prof)</td> <td>3.1. Qüestionament del model (Prof)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>4.8. Promoció de la convergència (Prof)</td> <td>2.3. Destacament d'idees rellevants (Prof)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pràctica de modelització</td> <td>REV</td> <td>C11 C15</td> <td>C13 C14</td> <td>C12 C15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AVA</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>EXP</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>USA</td> <td>C11</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>(F1) Una força → (F2) Desequilibri de forces → (F3) Equilibri → (F4) Equilibri i dinamisme</p>	Escenari d'E-A	#57: EPISODI 7: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 43, Cites 43:33–43:37)					Demanda: Identificar a què equival l'empenta de l'aigua.				Mecanisme	4.3. Re-enfocament en l'objectiu (Prof)	4.7. Anàlisi de la completesa del model	4.8. Promoció de la convergència (Prof)	3.1. Qüestionament del model (Prof)			4.8. Promoció de la convergència (Prof)	2.3. Destacament d'idees rellevants (Prof)		Pràctica de modelització	REV	C11 C15	C13 C14	C12 C15		AVA					EXP					USA	C11		
Escenari d'E-A	#57: EPISODI 7: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 43, Cites 43:33–43:37)																																										
	Demanda: Identificar a què equival l'empenta de l'aigua.																																										
Mecanisme	4.3. Re-enfocament en l'objectiu (Prof)	4.7. Anàlisi de la completesa del model	4.8. Promoció de la convergència (Prof)	3.1. Qüestionament del model (Prof)																																							
		4.8. Promoció de la convergència (Prof)	2.3. Destacament d'idees rellevants (Prof)																																								
Pràctica de modelització	REV	C11 C15	C13 C14	C12 C15																																							
	AVA																																										
	EXP																																										
	USA	C11																																									
<b>Promoció de la convergència (Alumnat)</b>	<p><b>EP 7a</b></p> <p>Tasca Flot 4 (G1)</p> <p>09:34-11:06 (Cites 43:22-43:24)</p>	<p>Reafirmen el model (F4).</p> <p><b>La promoció de la convergència feta pels alumnes no fa avançar però pot servir per reafirmar el model o millorar la seva completesa/robustesa.</b></p>	<p>#58'</p> <table border="1"> <tr> <td>Escenari d'E-A</td> <td colspan="3">#58: EPISODI 8a: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 43, Cites 43:22-43:24)</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3">Demanda: Interpretar en termes de forces les diferents situacions: got enfonsat amb més o menys aigua dins.</td> </tr> <tr> <td>Mecanisme</td> <td>4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació</td> <td>2.2. Demanda d'expressar el model (Prof)</td> <td>4.8. Promoció de la convergència</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.2. Demanda d'expressar el model (C13)</td> </tr> <tr> <td>Pràctica de modelització</td> <td>REV</td> <td>C11</td> <td>C11 C13 C14</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AVA</td> <td>Episodi 8a</td> <td>C11 C13 C14</td> </tr> <tr> <td></td> <td>EXP</td> <td></td> <td>C11 C13 C15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>USA</td> <td>C13</td> <td></td> </tr> </table> <p>(F1) Una força → (F2) Desequilibri de forces → (F3) Equilibri → (F4) Equilibri i dinamisme</p>	Escenari d'E-A	#58: EPISODI 8a: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 43, Cites 43:22-43:24)				Demanda: Interpretar en termes de forces les diferents situacions: got enfonsat amb més o menys aigua dins.			Mecanisme	4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació	2.2. Demanda d'expressar el model (Prof)	4.8. Promoció de la convergència				2.2. Demanda d'expressar el model (C13)	Pràctica de modelització	REV	C11	C11 C13 C14		AVA	Episodi 8a	C11 C13 C14		EXP		C11 C13 C15		USA	C13									
	Escenari d'E-A	#58: EPISODI 8a: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 43, Cites 43:22-43:24)																																									
	Demanda: Interpretar en termes de forces les diferents situacions: got enfonsat amb més o menys aigua dins.																																										
Mecanisme	4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació	2.2. Demanda d'expressar el model (Prof)	4.8. Promoció de la convergència																																								
			2.2. Demanda d'expressar el model (C13)																																								
Pràctica de modelització	REV	C11	C11 C13 C14																																								
	AVA	Episodi 8a	C11 C13 C14																																								
	EXP		C11 C13 C15																																								
	USA	C13																																									
	<p><b>EP 7b</b></p> <p>Tasca Flot 2 (G1)</p> <p>08:53-10:22 (Cites 55:27-55:31)</p>	<p>No serveix de res.</p> <p><b>Quan la promoció de la convergència feta pels alumnes no és genuïna (sinó mecànica, per fer la tasca), no serveix per reafirmar el model, sinó que poden empitjorar-lo.</b></p>	<p>#59'</p> <table border="1"> <tr> <td>Escenari d'E-A</td> <td colspan="3">#59: EPISODI 8a: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 55, Cites 55:27-55:31)</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3">Demanda: Interpretar en termes de forces com varia l'empenta a mesura que enfonsen un got.</td> </tr> <tr> <td>Mecanisme</td> <td>4.8. Promoció de la convergència (C13)</td> <td>4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació (C12)</td> <td>4.8. Promoció de la convergència (C15)</td> </tr> <tr> <td>Pràctica de modelització</td> <td>REV</td> <td>C11 C13</td> <td>C11 → C15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AVA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>EXP</td> <td>C11 C13</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>USA</td> <td></td> <td>C12 C13 C15</td> </tr> </table> <p>(F1) Una força → (F2) Desequilibri de forces → (F3) Equilibri → (F4) Equilibri i dinamisme</p>	Escenari d'E-A	#59: EPISODI 8a: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 55, Cites 55:27-55:31)				Demanda: Interpretar en termes de forces com varia l'empenta a mesura que enfonsen un got.			Mecanisme	4.8. Promoció de la convergència (C13)	4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació (C12)	4.8. Promoció de la convergència (C15)	Pràctica de modelització	REV	C11 C13	C11 → C15		AVA				EXP	C11 C13			USA		C12 C13 C15												
Escenari d'E-A	#59: EPISODI 8a: Tasca Flot 4 (F3 i M2) – G1 (Atlas ti DP 55, Cites 55:27-55:31)																																										
	Demanda: Interpretar en termes de forces com varia l'empenta a mesura que enfonsen un got.																																										
Mecanisme	4.8. Promoció de la convergència (C13)	4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació (C12)	4.8. Promoció de la convergència (C15)																																								
Pràctica de modelització	REV	C11 C13	C11 → C15																																								
	AVA																																										
	EXP	C11 C13																																									
	USA		C12 C13 C15																																								

Taula 37: Resum dels resultats de la influència dels mecanismes més abundants (5.4.2.)

La taula inclou els mecanismes més abundants identificats, els episodis on hi apareixen, els efectes que tenen els mecanismes en l'activitat de modelització i els gràfics obtinguts (*Mecanismes d'influència en els models i modelització*).

### 5.4.2.1. La demanda d'usar el model (a la tasca)

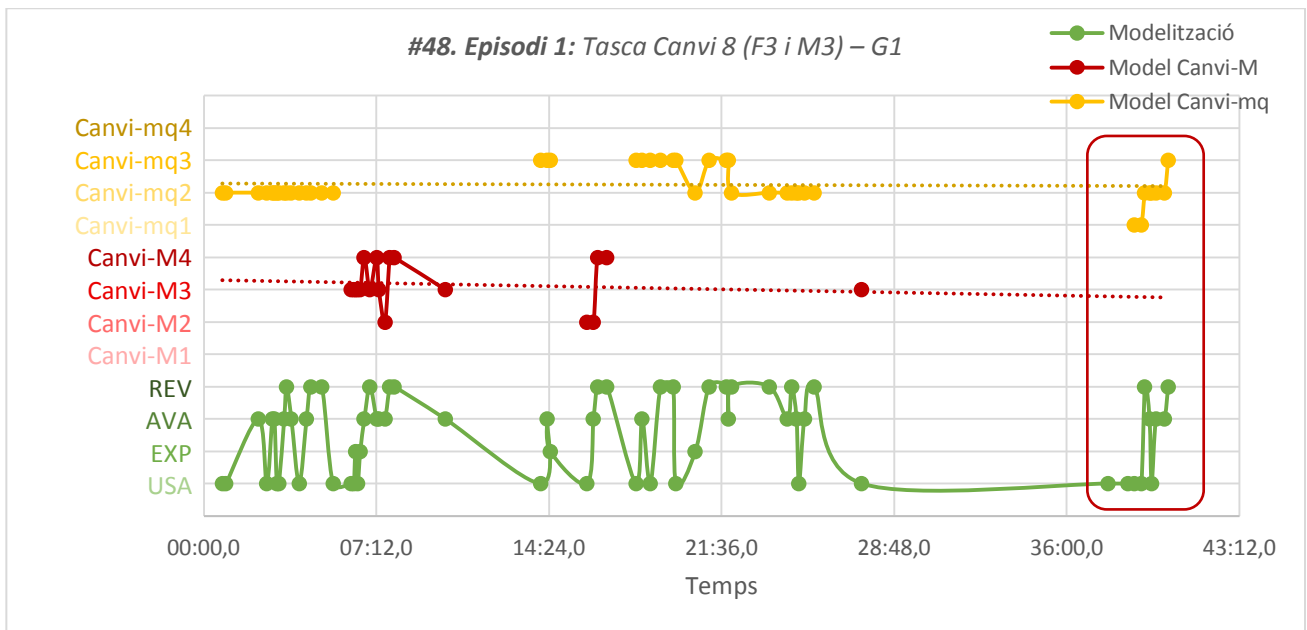
La demanda d'usar el model és el mecanismes més important facilitat o promogut per la tasca i que promou pràctiques de modelització inicials d'ús i expressió del model. Per explorar qualitativament el rol d'aquest mecanisme, seleccionem un episodi on es veu l'efecte que té en l'avanzament del model.

#### Episodi 1

A la *Tasca Canvi 8* (que correspon a la fase 3 de modelització i al M3 del model de canvi químic) es demanava a l'alumnat realitzar l'experiment de posar una pastilla efervescent en aigua dins d'una ampolla oberta i dins d'una ampolla tancada. A continuació es demanava fer el mateix posant un globus a la boca de l'ampolla. La tasca demanava a les alumnes mesurar la massa abans i després, i interpretar els resultats. Les alumnes del grup 1, després de discutir els resultats obtinguts i no arribar a un sub-model micro-químic (*Canvi-mq*) més sofisticat que al principi de l'activitat, **al final de l'activitat avancen del nivell 1 (*Canvi-mq1*) al 3 (*Canvi-mq3*) en pocs minuts.**



El gràfic #48 mostra el patró de variació de dos sub-models de canvi químic (*Canvi-mq* i *Canvi-M*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G1 a la *Tasca Canvi 8*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 1** està delimitada per un quadre vermell.




**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants.

Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 38) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 1 (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

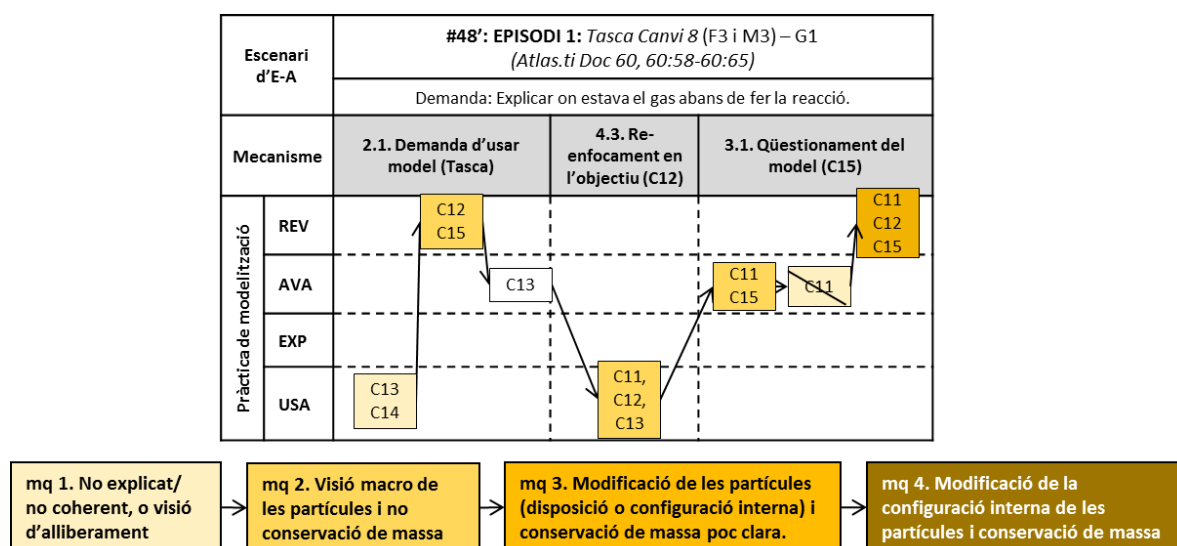
TRANSCRIPCIÓ EPISODI 1: <i>Tasca canvi 8 del G1</i> (Doc 60, 60:58-60:65) <a href="#">ENLLAÇ 38:47-40:27</a>	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><b>Situació:</b> Després de realitzar la reacció amb el globus i discutir què pot haver dins del globus, les alumnes es disposen a respondre la última pregunta de la tasca.</p> <p>C15: <i>"On estava aquest gas abans de fer la reacció?"</i> [llegint de la pregunta de l'activitat]</p> <p>C14: <i>"Dins de l'aigua"</i></p> <p>C13: <i>"En el comprimit"</i></p> <p>C15: <i>"En l'aigua? En el comprimit? En les dues coses? En l'aire de l'ampolla?"</i></p> <p>C12: <i>"Jo crec que no hi havia"</i></p> <p>C13: <i>"Potser en l'aire de l'ampolla, no? Que potser ha empès el comprimit l'aire cap amunt, i s'ha quedat aquí [dins del globus]"</i></p>	USA (C13, C14)	Canvi-mq1	2.1. Demanda d'usar model (Tasca)
<p>C12: <i>"El gas? Aquest gas s'ha format a la reacció [...] quan s'ha fet la reacció. "</i></p> <p>C15: <i>"És clar"</i></p> <p>C13: <i>"Sí, però aquí què hi haurà? ¿Només el gas? Hi havia aire ja aquí dins, abans, eh."</i></p>	REV (C12, C15)	Canvi-mq2	
<p>C12: <i>"Ja però... [llegeix de nou l'activitat] 'On estava AQUEST gas, abans de la reacció?'"</i></p> <p>C11: <i>"No estava"</i></p> <p>C12, C11: <i>"No hi havia"</i></p> <p>C13: <i>"No hi havia"</i></p> <p>C15: <i>"Hi havia només aire ..."</i></p> <p>C13: <i>"S'ha creat... no estava"</i></p> <p>C11: <i>"S'ha creat a través de la reacció"</i></p>	USE (C11, C12, C13)	Canvi-mq2	
<p>C15: <i>"S'ha creat però, d'on ha sortit?"</i></p> <p>C11: <i>"Aquest gas és com allò del color groc. Juntes una cosa vermella i una altra blava i resulta que surt groc [fa gest d'interrogació amb els espatlles] On era el groc? No hi era".</i></p> <p>C15: <i>"No, perquè aquest color és la barreja dels dos. Si tu analitzes aquest color, té pigments dels dos, això no té res a veure. "</i></p>	AVA (C11, C15)	Canvi-mq2	3.1. Qüestionament del model (C15)

			
<p>C13: "No estava. O sigui, s'ha generat amb la reacció, no?"                  C11: "Jo crec que no és que això [la pastilla] porti una mica de gas, i això [l'aigua] un altre poquet, i fa ... [gest d'efervescència]"</p>	<p>AVA (C11)</p>	<p>No-Canvi-mq1</p>	
<p>C15: "No, però els components d'aquest gas sí que hi són, saps?"                  C11: "Sí, però el gas no hi era encara."                  C15: "És clar, el gas alliberat no hi era."                  C12, C11: "Doncs ja està. Aquesta és la pregunta."</p>	<p>REV (C11, C12, C15)</p>	<p>Canvi-mq3</p>	

Taula 38: Transcripció i codificació de l'episodi 1 (seleccionat de la Tasca canvi 8 del G1).

Tot i que les alumnes del grup 1 havien retrocedit en la seva versió del model prèviament a aquest episodi (tal i com s'observa al gràfic #48), una pregunta de la tasca que demana utilitzar el model per interpretar els resultats observats ("On estava el gas de l'efervescència abans de fer la reacció?") fa que aquestes alumnes re-pensin el seu model de canvi químic a nivell micro (Canvi-mq) i que qüestionin certs aspectes del model (com per exemple, si en un canvi químic les substàncies o els components de les substàncies inicials es mantenen o no). Inicialment algunes d'elles creuen que el gas com a substància ja hi era a la pastilla o a l'aire de l'ampolla (Canvi-mq1). Després de re-enfocar-se en l'objectiu de la pregunta de la tasca, les alumnes consensuen que el gas com a substància no hi era abans de la reacció, sinó que s'ha creat (Canvi-mq2). Finalment, el qüestionament del model que fa una de les alumnes (C15) perquè vol aprofundir més en el model ("s'ha creat, però, d'on ha sortit?"), permet avançar al nivell 3 (Canvi-mq3), on s'especifica que tot i que el gas com a tal no hi era abans de la reacció, els seus components sí que hi eren.

Al gràfic #48' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 1, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (C11-C15) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.



Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48'-#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis



Discussió sobre la demanda d'usar el model

L'episodi 1 ens mostra un clar exemple on **la demanda d'utilitzar el model feta per la tasca en un moment clau de la seqüència permet tenir una "mirada nova" cap al fenomen que fa que les alumnes puguin sofisticar el seu model**. Aquest efecte d'avanç en el model no és únic per aquest episodi en concret, sinó que s'observa que en altres situacions on la tasca demana utilitzar el model l'alumnat avança a versions més sofisticades d'aquest (en al menys 7 vegades).

En aquest cas, podem veure com una tasca especialment dissenyada (amb fenòmens paradigmàtics, amb les idees del model treballades en progressió, amb preguntes que requereixen utilitzar el model per interpretar els resultats, etc.) té un paper actiu en l'escenari d'aprenentatge de l'alumnat i pot fer avançar el model. Això ens indica **la importància del disseny** a l'hora de promoure una situació d'aula on l'alumnat pugui sofisticar el seu model de manera autònoma però guiada i enfocada.

5.4.2.2. El qüestionament del model (per l'alumnat)

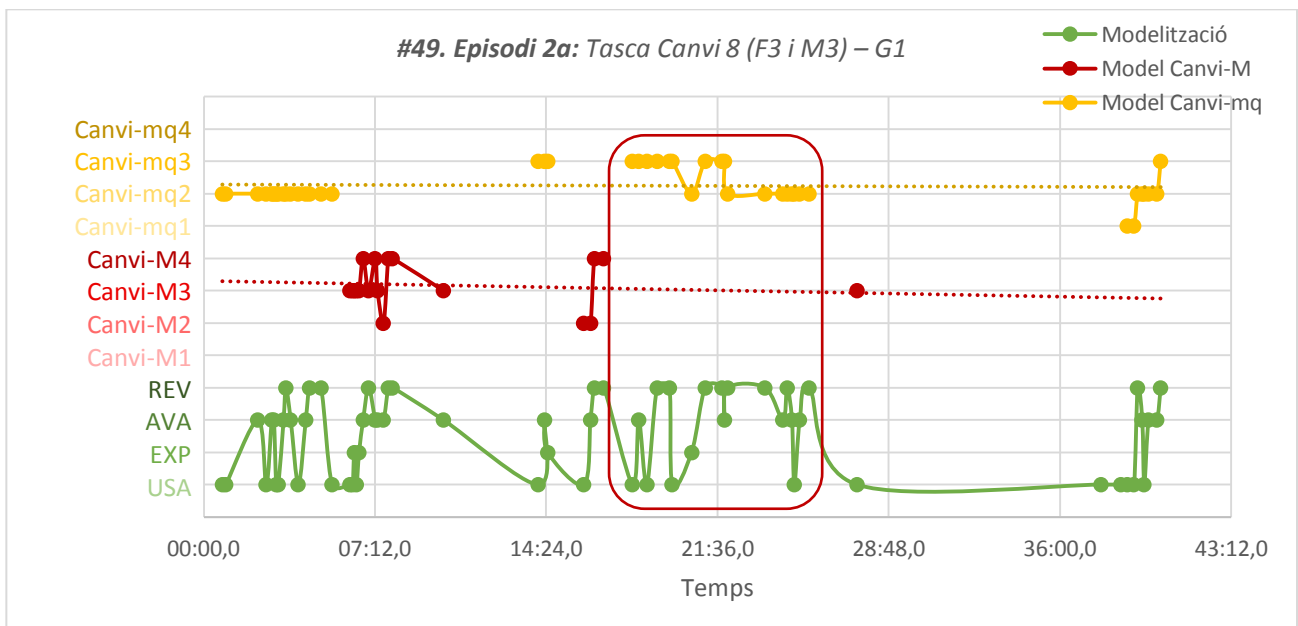
El qüestionament del model és clau en molts episodis. Per mirar com influeix en l'activitat de modelització, mirarem 3 episodis, tots ells promoguts per l'alumnat i en alguns casos també pel professorat o la tasca. En alguns dels episodis aquest qüestionament resulta productiu (2b i 2c) i en altres improductiu (2a). Els motius pels quals això és així es discuteix al llarg de cada episodi.

Episodi 2a

L'episodi 2a es dona a la mateixa tasca que l'episodi 1, la *Tasca Canvi 8*, però minuts abans en la discussió, quan l'alumnat del grup 1 discuteix els resultats obtinguts: la variació de la massa abans i després de l'efervescència d'una pastilla en aigua, en el cas de l'ampolla oberta i l'ampolla tancada. En aquest episodi s'observa que **l'alumnat retrocedeix del nivell 3 (Canvi-mq3) al nivell 2 (Canvi-mq2) i que no es dona una pràctica de modelització clara o interessant**.



El gràfic #49 mostra el patró de variació de dos sub-models de canvi químic (*Canvi-mq* i *Canvi-M*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G1 a la *Tasca Canvi 8*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 2a** està delimitada per un quadre vermell.




**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants.  
Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 39) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 2a (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ EPISODI 2a: <i>Tasca canvi 8 del G1</i> (Doc 60, 60:37-60:54) <a href="#">ENLLAÇ</a> 17:57-25:45	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><u>Situació:</u> les alumnes han realitzat l'experiment de les dues ampolles (una oberta i l'altra tancada) i es disposen a respondre les preguntes incloses al dossier (de la tasca) per interpretar els resultats que han obtingut (en el seu cas, la massa de l'ampolla oberta els ha disminuït, mentre que, sorprenentment, la massa de l'ampolla tancada els ha augmentat).</p> <p>C12: "No hem respost a aquesta pregunta [Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre?]"</p> <p>C15: "Doncs que part de l'oxigen ha marxat. [...] S'ha emportat part de l'oxigen... i del carboni... sí, de l'oxigen de l'aigua s'ha anat amb l'efervescència"</p>	USA (C15)	Canvi- mq3	4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació (Tasca)
<p>C13: "S'ha anat l'aire... de l'ampolla?"</p> <p>C11: "Però llavors ha marxat més que abans? O sigui... perquè quan ho hem pesat així sense la pastilla ja estava sortint aire."</p> <p>C15: "No, no surt aire. L'aire de l'aigua no surt"</p> <p>C11: "L'aire que hi ha aquí dins [l'ampolla] se'n va..."</p> <p>C15: "No, no surt. Hi és."</p> <p>C11: "Bueno, va entrant i sortint"</p>	AVA (C11, C13)	No Canvi- mq3	3.1. Qüestionament del model (C13, C11)
<p>C15: "Jo et dic l'oxigen de l'aigua, H2O. Aquesta O, s'ha 'pirat'"</p> <p>C13: "Per què?"</p> <p>C15: "Part de l'H2O, perquè ha fet efervescència amb això [pastilla] i el carboni nosequè ha marxat, crec. Per això pesa menys, perquè alguna cosa ha hagut de marxar [silenci] o el [O2] de l'aigua, o el de la pastilla, o el d'algun lloc en fer l'efervescència se n'ha anat."</p> <p>C13: "Tu creus que se'n va..."</p>	USA (C15)	Canvi- mq3	
<p>C12: "No, jo crec que això no té res a veure. Que ha estat la balança, que l'ha tocat molta gent... perquè [la massa] canvia zero coma..."</p> <p>C13: "Res, en si"</p> <p>C15: "Però he estat escoltant i a la gent li passa igual que a nosaltres: que un els hi baixa i l'altre els hi puja [de massa]"</p> <p>[es queden pensant]</p>	REV (C11, C12)	No Canvi- mq3	
<p>C13: "Però és que com posa ara [la tasca] què és el que creus ara?... [llegeix] 'Observant els canvis que es donen, ara creieu que es tracta d'un canvi físic o químic?'"</p> <p>C11: "Llavors és químic pel que tu [C15] dius. Perquè s'emporta part de l'aigua..."</p> <p>C15: "I canvia la composició"</p>	REV (C11, C15)	Canvi- mq3	3.1. Qüestionament del model (Tasca)
<p>C12: "Però en el moment que li poses la pastilla"</p> <p>C15: "Sí, i ara [quan ja s'ha acabat la reacció] segueix sense ser-hi"</p> <p>C12: "Com?"</p> <p>C15: "La composició ara és diferent. Ara té menys Os o menys Cs o menys el que sigui. Saps? Ha fet 'pff' [gest d'efervescència] No? perquè la bombolla ho està enviant cap a fora, no? La bombolla fa que surti a fora i es perdi a l'aire"</p> <p>C12: "I té un gust diferent, una olor diferent..."</p> <p>C15: "la olor no ho sé perquè estic tapada"</p>	USA (C15)	Canvi- mq3	
<p>[Arriba la professora i aquesta revisa els resultats de l'experiment: en el cas de l'ampolla oberta els hi disminueix la massa i en el cas de l'ampolla tancada els hi augmenta]</p> <p>Prof: "Aquí falta massa, no? On ha anat aquesta massa que falta?"</p> <p>C11: "A l'aire. Creiem que ha marxat"</p> <p>Prof: "Vale, és el que creieu"</p>	EXP (C11)	Canvi- mq2	3.1. Qüestionament del model (Prof)

Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes

<p>C11: "Però llavors... <b>si falta matèria, ja ha canviat la matèria en si. Llavors és químic</b>"</p> <p>Prof: [primer fa silenci] "Falta matèria?"</p> <p>C11, C15: "Sí"</p> <p>Prof: "Això què us indica? Anem a mirar la diferència: una està oberta i l'altra tancada. En l'obert, què ens ha passat amb la massa?"</p> <p>C15: "Ha baixat"</p> <p>Prof: "I heu dit, que la massa que falta... on ha anat?"</p> <p>C15: "A l'aire"</p> <p>Prof: "A l'aire. Ha desaparegut aquesta massa?"</p> <p>C11: "No"</p> <p>C12, C15: "Sí, la d'aquí... [ampolla] se'n va"</p> <p>C11: "No ha desaparegut"</p> <p>Prof: "No ha desaparegut, on està?"</p> <p>C15, C15: "Doncs a l'aire. A l'aire"</p> <p>C12: "ha desaparegut d'aquí [de l'aigua de l'ampolla]"</p> <p>Prof: "Ha desaparegut d'aquí però no ha desaparegut en un forat negre"</p> <p>C15: "Home, no!"</p> <p>Prof: "però desaparèixer vol dir això"</p> <p>C11: "desaparèixer és que ja no existeix"</p> <p>C15: "però pot ser que estigui fora de l'ampolla, perquè vola, vola i se'n va. Ha desaparegut d'aquí"</p> <p>Prof: "però això no vol dir desaparèixer. Una cosa és que no la puguem mesurar i l'altra cosa és desaparèixer. Això no ha desaparegut, se n'ha anat a algun lloc"</p> <p>C15: "sí"</p> <p>Prof: "Llavors, què ha passat amb la massa de l'ampolla tancada?"</p> <p>C11: "Que volia marxar però no ha pogut perquè tenia el tap, i llavors s'ha quedat allà"</p>	<p>REV (C11, C12, C15)</p>	<p>Canvi- mq3</p>	
<p>C15: "però no sé per què pesa més..."</p>	<p>AVA (C15)</p>		<p>3.1. Questionament del model (C15, C12)</p>
<p>C15: "...potser per la pressió que exerceix cap als costats el gas..."</p>  <p>C11: "perquè l'aire que ha volgut marxar no ha pogut i això pesa"</p> <p>Prof: "pregunteu a altres grups a veure què els hi ha sortit..."</p>	<p>REV (C11, C15)</p>	<p>Canvi- mq2</p>	
<p>[van a comparar amb els altres grups]</p> <p>C15: "Hi ha dos [grups] que els hi puja [la massa amb l'ampolla tancada] i tres que els hi baixa"</p> <p>C13: "i a nosaltres ens puja"</p> <p>C15: "s'ha tancat immediatament [l'ampolla], no?"</p> <p>C12, C14: "sí, sí"</p> <p>C11: "llavors, deu ser que en els dos casos... o sigui, com és més densa l'aigua, al principi pesa més, llavors amb la reacció fa que l'aigua perdi densitat i pes, i llavors... pesa menys, no?"</p> <p>C15: "què?"</p> <p>C11: "a veure... l'aigua al principi té un pes, no? Llavors li fiquem la pastilla i com que part d'això [aigua] s'escapa, quan s'escapa en forma de vapor perd pes de a baix..."</p>	<p>REV (C11)</p>	<p>Canvi- mq2</p>	
<p>C12: "però és que no ha donat temps. Abans de que arribés la pastilla a baix ja l'hem tancat [...] i per tant no ha donat temps a sortir [el gas]"</p>	<p>AVA (C12)</p>		
<p>C11: "no, no, no ha sortit res. Està tot a dins, però pesa menys el que hi ha aquí [aire] que el que hi havia abans aquí [aigua]"</p>	<p>REV (C11)</p>	<p>Canvi- mq2</p>	

C14: "El gas pesa menys..." C11: "sí"			
C15: [...] "com ha de pesar més [l'aigua]?" C11: "l'aigua pesa més que l'aire, no?"	AVA (C15)	No Canvi- mq2	
C15: "sí" C11: "doncs quan aquest [assenyala aigua de l'ampolla] es converteix en alguna cosa gasosa, perd pes, no?" C12: "Sí... perquè les partícules se sep... Bueno..." C11: "ho dic perquè tot i estar aquí dins, suposadament pesa menys"	USA (C11, C15)	Canvi- mq2	
C15: "però per què a nosaltres ens pesa més?" C11: "però està malament. [riu] ens ho ha dit [la professora]" C12, C14: "no pot estar malament. Malament no ho hem fet. Hem posat el que deia la balança." C15: "bé doncs... la balança s'ha equivocat. [silenci] No sé, eh? És una possible explicació" C11: "perquè potser no l'heu posat al centre de la balança..."	AVA (C11, C12, C15)		
C13: "jo pensava que aquesta [ampolla tancada] pesaria més perquè en estar tancada no deixaria sortir l'aire. En canvi aquesta pesaria menys, perquè s'ha anat el que hagi reaccionat d'aquí [l'aigua] que pot ser una espècie de gas doncs jo penso que allà se n'ha anat."	REV (C13)	Canvi- mq2	

Taula 39: Transcripció i codificació de l'episodi 2a (seleccionat de la Tasca canvi 8 del G1).

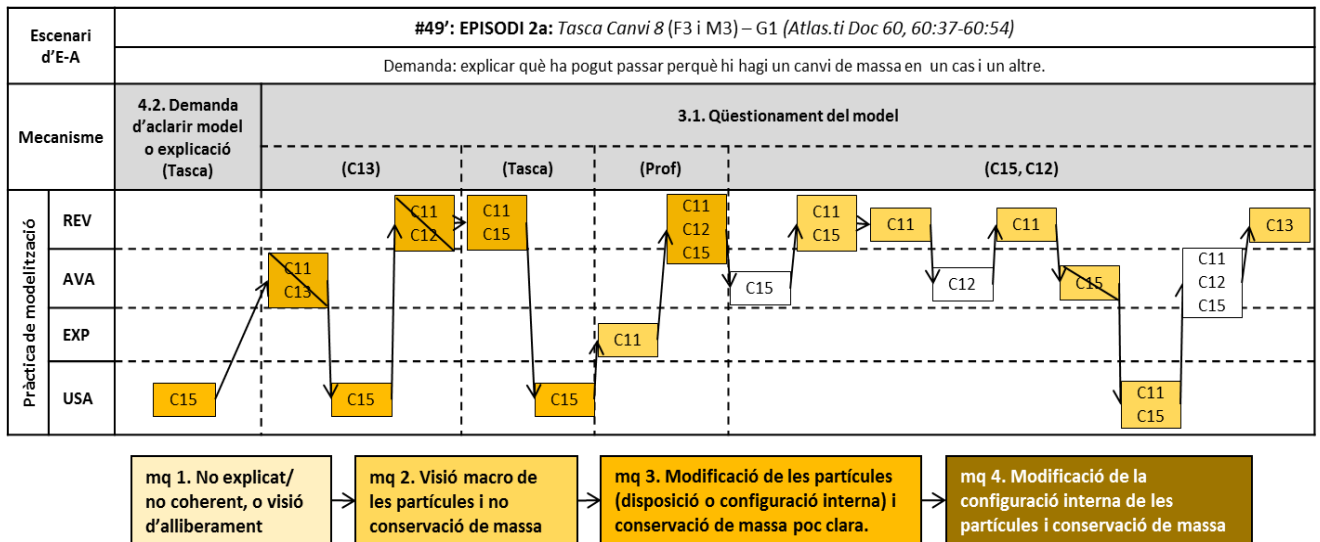
Al llarg de l'episodi 2a es qüestionen moltes vegades el model, primer per part de l'alumnat, després per la tasca, a continuació per la professora, i finalment un altre cop per l'alumnat. Aquest qüestionament provoca certa revisió del model, però no cap a versions més sofisticades sinó cap a versions més simples. L'episodi s'inicia quan intenten interpretar els resultats obtinguts, responent a una pregunta de la tasca (*Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre?*). Una alumna (C15) dóna una explicació on es mostra que té un sub-model de canvi químic bastant sofisticat (*Canvi-mq3*), ja que considera el canvi químic com a modificació de les partícules per certa recombinació d'àtoms (*"...part de l'oxigen ha marxat [...] alguna cosa ha hagut de marxar, o el [O2] de l'aigua, o el de la pastilla, o el d'algun lloc en fer l'efervescència se n'ha anat"*). D'una banda les seves companyes li qüestionen aquest model, fent referència a les proves (*"S'ha anat l'aire... de l'ampolla?"*, *"Però llavors ha marxat més que abans?"*). D'altra banda, també els hi qüestiona la tasca (ja que demana dir si després de fer l'experiment segueixen pensant que es tracta d'un canvi físic o químic) i la professora (*"On ha anat aquesta massa que falta?"*, *"Falta matèria?"*). Les alumnes segueixen en un nivell 3 (*Canvi-mq3*), aclarint alguns aspectes de manera més detallada (*"La composició ara és diferent. Ara té menys Os o menys Cs o menys el que sigui [...] perquè la bombolla [...] fa que surti a fora i es perdi a l'aire"*, *"No ha desaparegut, [...] està fora de l'ampolla"*, *"volia marxar però no ha pogut perquè tenia el tap"*).

Ara bé, el fet d'obtenir uns resultats no gaire adequats (la massa de l'ampolla tancada els hi augmenta en fer la reacció, en comptes de mantenir-se igual, segurament degut a un petit error experimental), no promou que les alumnes construeixin la idea del MCE que es pretenia a la tasca: que en un canvi químic la massa es conserva. Concretament, la limitació procedimental les porta a qüestionar de nou el seu model (*"però no sé per què pesa més..."*). En veure-ho, la professora les intenta ajudar fent que es comuniquin amb altres grups per tal de conèixer altres resultats diferents (*"pregunteu a altres grups a veure què els hi ha sortit"*). Tot i així, no arriben a una conclusió adequada perquè assumeixen com a correctes uns altres resultats també inadequats (que la massa a l'ampolla tancada disminueix). Les alumnes del G1 intenten pensar en possibles explicacions que siguin coherents amb els resultats, en primer lloc els seus (*"potser [augmenta la massa] per la pressió que exerceix cap als costats el gas"*), i en segon lloc els d'altres grups (*"doncs quan l'aigua es converteix en alguna cosa gasosa, perd pes [...] Ho dic perquè tot i estar aquí dins, suposadament pesa menys"*). En tots dos casos, en intentar trobar explicacions a dades inadequades (augment o disminució de la massa, en comptes de manteniment d'aquesta), les alumnes retrocedeixen a

Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes

versions menys sofisticades del sub-model micro-químic (*Canvi-mq2*). Tot i així, al final demostren una desconfiança amb el seu model i els resultats obtinguts (“però per què a nosaltres ens pesa més?”, “hem posat el que deia a la balança”, “la balança s’ha equivocat”), i intenten identificar possibles errors experimentals (“potser no l’heu posat al centre de la balança”).

Al gràfic #49’ es mostra l’anàlisi realitzada de l’episodi 2a, representant l’evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l’episodi, indicant qui del grup (C11-C15) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l’activitat de modelització d’aquest episodi.

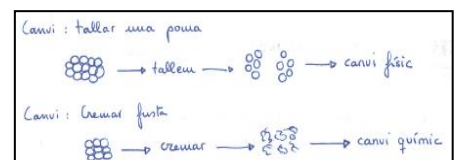


Gràfic 13: Mecanismes d’influència didàctica en els models i la modelització.

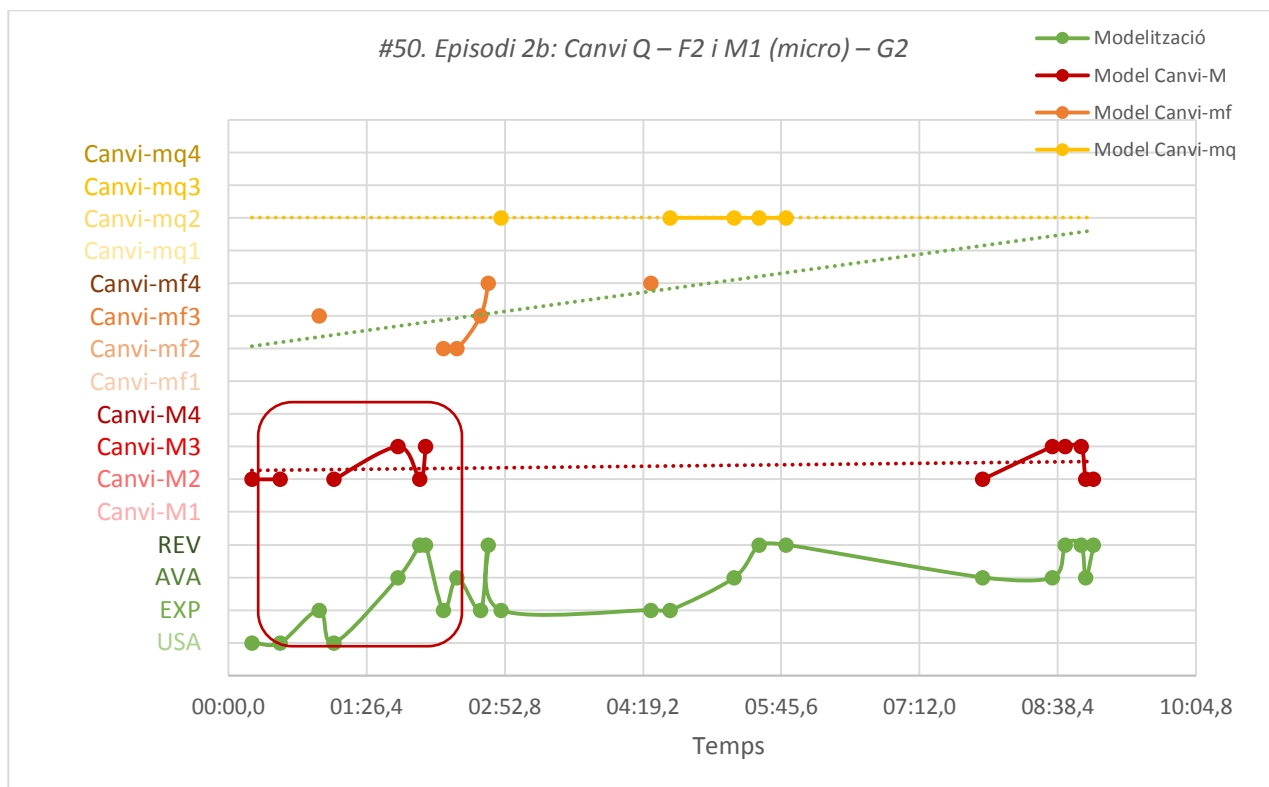
Comprèn els gràfics #48’-#59’, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

Episodi 2b

L’episodi 2b es dona a la *Tasca Canvi 6* (que correspon a la fase 2 de modelització i al M1-micro del model de canvi químic). En aquesta tasca, després d’haver classificat diferents tipus de canvis en físics o químics segons les seves propietats, es demana a l’alumnat escollir un exemple de canvi físic i un de canvi químic i intentar dibuixar com se’ls imaginin “per dins”, és a dir, a nivell de partícules. En aquest context s’observa que a l’inici de la tasca l’alumnat del grup 2 discuteix del model a nivell macro (*Canvi-M*), avançant del nivell 2 (*Canvi-M2*) al nivell 3 (*Canvi-M3*).



El gràfic #50 mostra el patró de variació de tres sub-models de canvi químic (*Canvi-mq*, *Canvi-mf* i *Canvi-M*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G2 a la *Tasca Canvi 6*. La secció de la discussió que correspon a l’episodi 2b està delimitada per un quadre vermell.




**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 40) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 2b (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ EPISODI 2b: <i>Tasca canvi 6 del G2</i> (Doc 42, 42:1-42:7) <a href="#">ENLLAÇ 00:00-02:14</a>	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><u>Situació:</u> Les alumnes es disposen a escollir un dels canvis físics de la tasca anterior per dibuixar com se l'imaginen "per dins", quan s'inicia la conversa a continuació:</p> <p>B24: "La gasolina, dins de tot això, què és?"                      B21: "A partir del petroli, és com una neteja"                      B24: "Vull dir, tu quan engegues el motor i..."                      B23: "es crema?"                      B24: "és químic?"                      B21: "es crema. Hi ha un canvi..."                      B23: "químic."                      B21: "químic, sí. [...] segur. Perquè 'lo prendes' i és [fa gest amb les mans com d'explosió] És combustió. És com la fusta. [...] Quan el teu cotxe està 'guarro' i el rentes... això és canvi físic"                      [parlen del sub-model micro-físic intentant respondre a la pregunta de la tasca]</p>	USA (B21)	Canvi-M2	3.2. Demanda o aportació d'altres dades (fenomen quotidià) (B24)
<p>B24: "però no cremes"                      B21: "el què? El què no crema?"                      B24: "la gasolina"                      B21: "B24, quan tu apretes [l'accelerador], el que surt és una xispa. Per què de vegades surt foc al tub d'escapament?"                      B23: "a si? Doncs sort que no m'ha passat"                      B21: "no, tu no! Algun que estigui trucat o algo. Allò és com si fos una 'cerilla', diguem... un 'mechero'. Pren això. És aquesta combustió el que fa que tu puguis... per això és tan perillós fumar a les benzineres, perquè això crema molt fàcilment."</p>	USA (B21)	Canvi-M2	3.1. Qüestionament del model (B24)



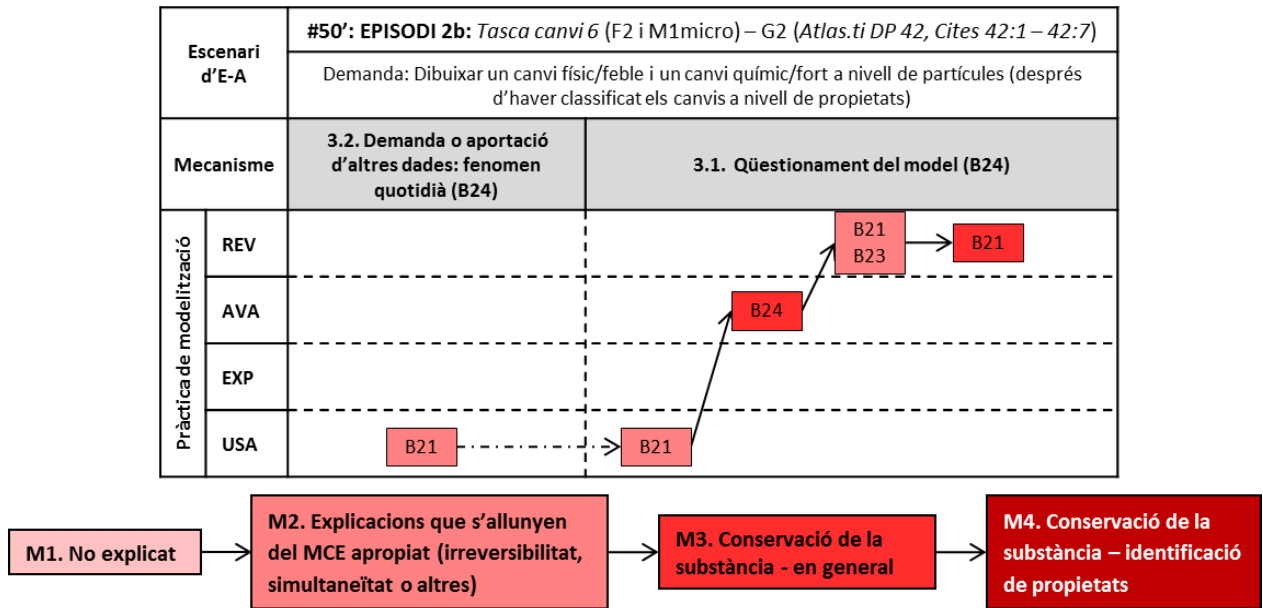
			
<p>B21: "Com creus que funciona la benzina si no?"                  B24: "Ja, però no veig com es crema per fer algo nou, una substància nova. No fa res nou."                  B21: "No"                  B24: "Això és lo químic. La fusta fa cendra."</p>	<p>AVA (B24)</p>	<p>Canvi-M3</p>	
<p>B21: "Allò es dissol... desapareix."                  B23: "Desapareix"</p>	<p>REV (B21, B23)</p>	<p>Canvi-M2</p>	
<p>B21: "Es fa un gas. Es fa CO2... Es fa CO2! Contaminació. Clar que hi ha una substància resultant. El fum que treu el cotxe és de la combustió de la gasolina"</p>	<p>REV (B21)</p>	<p>Canvi-M3</p>	
<p>[discuteixen del model a nivell micro durant 5 minuts]</p>			

Taula 40: Transcripció i codificació de l'episodi 2b (seleccionat de la Tasca canvi 6 del G2).

En aquest episodi es mostra una situació en la qual el qüestionament del model fet pels propis alumnes sí que porta a avançar en el model a algunes alumnes. En aquest cas, aquest mecanisme es dona amb un altre: la referència a altres dades (una experiència quotidiana). En concret, en aquest episodi les alumnes discuteixen en termes del sub-model macro de canvi químic (*Canvi-M*), tot i que la tasca demana als alumnes centrar-se en els sub-models micro. Això segurament és així perquè acaben de realitzar una tasca on se'ls demanava fer ús del sub-model macro i elles probablement continuen pensant en aquest sub-model, tot i que la nova tasca no ho requereixi. El detonant inicial és la referència que fa una alumna (B24) a un fenomen hipotètic quotidià (la transformació de la benzina) que no sap explicar amb el seu model. La seva companya (B21) li intenta explicar per què es tracta d'un canvi químic basant-se en un nivell poc sofisticat del model (*Canvi-M2*) ("perquè es crema, hi ha un canvi, explota"). A l'alumna B24 aquesta explicació no li convenç i per això qüestiona el model (les regles del joc) a l'alumna B21, la qual segueix explicant el fenomen des del mateix model. Quan l'alumna B24 avalua el model, especificant quin aspecte del fenomen que no li encaixa amb el seu model ("però no veig com es crema per fer una cosa nova. No es fa res nou. I això és lo químic: la fusta fa cendra") ens mostra que en realitat té un model més sofisticat (*Canvi-M3*), ja que creu que en un canvi químic la substància no desapareix, sinó que es transforma en un producte. De fet, és aquest coneixement el que li fa qüestionar el fenomen de la benzina (que no coneix prou bé). En l'intent de respondre-la, les alumnes B21 i la B23 defensen la idea de que es tracta d'un canvi químic des del seu model menys sofisticat (*Canvi-M2*) ("No, perquè es dissol, desapareix") però ràpidament l'alumna B21 identifica quin aspecte del fenomen no estaven tenint en compte: que els automòbils emeten gasos ("es fa un gas, es fa CO2, contaminació!"), és a dir, s'adona que sí que hi ha un producte de la combustió. El que s'observa, per tant, és que el qüestionament que fa l'alumna B24 (que té un model més sofisticat però no coneix prou bé el fenomen) permet una evolució positiva del model de l'alumna B21 (i B23 probablement), que sí que coneix el fenomen en més profunditat però que l'estava interpretant amb un model més senzill (*Canvi-M3*).

Al gràfic #50' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 2b, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (B21-B24) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.





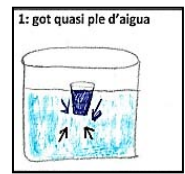
**Gràfic 13:** Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.  
 Comprèn els gràfics #48' -#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

Episodi 2c

L'episodi 2c es dona a la *Tasca Flot 5* (que correspon a la fase 4 de modelització i al M3 del model de flotació), on es demana a l'alumnat interpretar en termes de

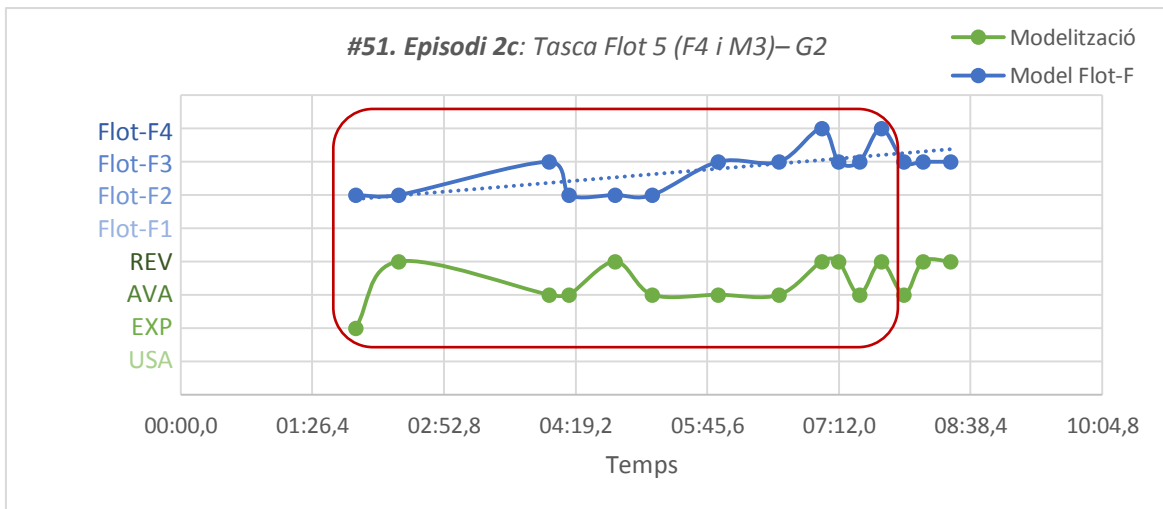


forces dues situacions d'equilibri: un got mig ple d'aigua i un got ple d'aigua, els dos surant en aigua. Es demana específicament dibuixar les forces i explicar el fenomen seguint la base d'orientació donada (preguntes concretes per anar interpretant en termes de forces).



En aquest escenari les alumnes del grup 2 discuteixen entorn al model de flotació en termes de forces (*Flot-F*), passant d'un model inicial menys sofisticat (*Flot-F2*) a nivells més complexos (*Flot-F3* i *Flot-F4*). Així mateix, s'observa que les alumnes s'involucren en una pràctica de modelització interessant (avaluen i revisen el model moltes vegades).


El gràfic #51 mostra el patró de variació del sub-model de flotació (*Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G2 a la *Tasca Flot 5*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 2c** està delimitada per un quadre vermell.




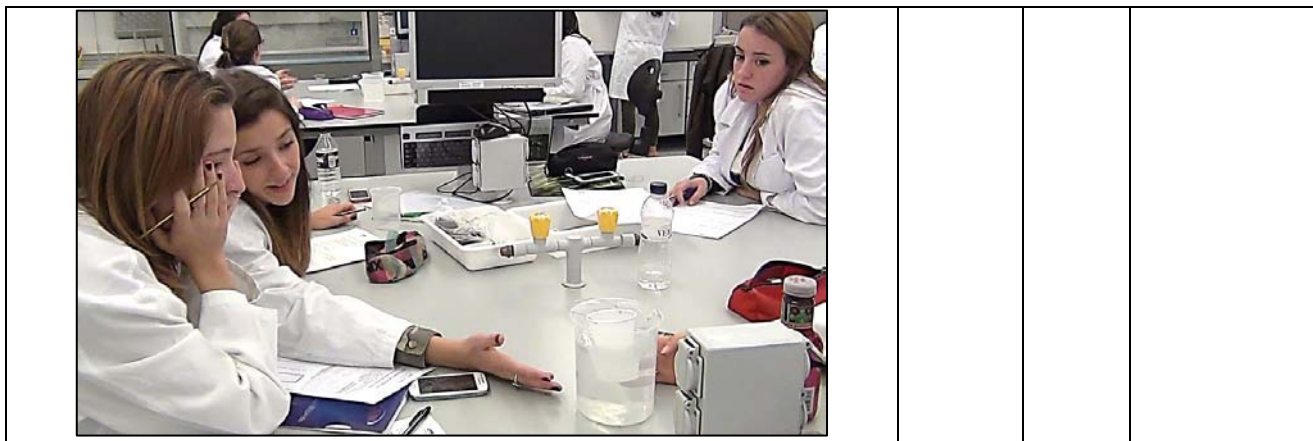
**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 41) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 2c (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ EPISODI 2c: Tasca Flot 5 del G2 (Doc 53, 53:2-53:15) <a href="#">ENLLAÇ</a>	Pràctica	Model	Mecanisme
<b>02:20-09:00</b>			
<p><b>Situació:</b> Les alumnes comencen a dibuixar de manera individual els gots amb aigua (quasi ple i completament ple) dins del vas de precipitats, i en el moment en el qual intenten dibuixar les fletxes que representen les forces, comencen la conversa a continuació:</p> <p>B21: "Vale, hi ha la força de la gravetat..."</p> <p>B23: "I el pes de l'aigua... i del got..."</p> <p>B21: "Força de la gravetat..."</p> <p>B23: "I l'empenta"</p>	EXP (B21, B23)	<b>Flot-F2</b>	<b>2.2. Demanda d'expressar el model (Tasca)</b>
<p>B21: "Però quina diferència hi ha entre un dibuix i un altre?"</p> <p>B23: "No ho sé"</p> <p>B21: "Ara hi ha més força que hi hauria d'haver d'empenta, no? Si tu li poses força de la mà..."</p>	REV (B21, B23)	<b>Flot-F2</b>	<b>4.7. Anàlisi de la completesa del model (B21)</b>

<p>B23: "No, no, no..."</p> <p>B24: "És que aquí no hi poses eh? [força de la mà]"</p> <p>B21: "Sí, si acabes posant la mà, i poses el got gairebé ple d'aigua però no fins dalt de tot, la de l'empenta guanya una miqueta, per això es torça més el got si no està omplert."</p> <p>B23: "Això és deixant-la sense mà"</p> <p>B21: "Però sabeu el que vull dir? Tu quan el poses gairebé ple és més fàcil que se't tombi perquè hi ha menys pes perquè hi ha menys força de la gravetat aquí dintre [del got], i aquesta guanya una miqueta més [l'empenta]. No estan equiparades per això no hi ha l'equilibri del got. En canvi l'altra [got ple] sí que hi ha equilibri. Per tant, en el dibuix on està ple d'aigua dibuixem tanta força de dalt com de baix, en canvi l'altra [el got mig ple] hi ha més força de baix que de dalt. No? Per això no hi ha equilibri del tot. Per això ella diu: 'ai, em costa més d'aconseguir l'equilibri, no? O sempre s'equipara?"</p>  <p>B23: "És que si tu només tens la força de la gravetat [pes de l'aigua de dins del got, sense empènyer amb les mans], com pot ser que s'equiparin? No es poden equiparar, hi ha més força de baix que de dalt"</p> <p>B21: "Clar, si tu poses molt molt poca aigua [dins del got], no s'equipararan."</p> <p>B23: "En canvi aquí [got ple] sí que s'equiparen. Aquí [got mig ple] no s'equiparen, per tant el got és inestable..."</p>			
<p>B24: "Aquí no s'equiparen? Ple d'aigua?"</p> <p>B21: "No, aquí [dossier de l'activitat] no posa ple, posa quasi ple d'aigua"</p> <p>B24: "Quasi ple d'aigua"</p> <p>B23: "No s'equiparen"</p> <p>B21: "Del tot del tot... si no està ple d'aigua...?"</p> <p>B24: "Però si s'aguanta."</p>	<p>AVA (B24)</p>	<p>No- Flot-F2</p>	
<p>B21: "Però no del tot, es torça una mica, se'n va cap al costat."</p> <p>B23: "Si ho hem dit abans. Quan tu segueixes fent força amb la mà, fins que..."</p> <p>B21: "Només s'equipara quan està tot, tot ple d'aigua. Quan està quasi, per exemple ara [ho mostra amb el got], se te'n va cap al costat. I si està ple, aguanta més recte."</p>	<p>AVA (B21, B23)</p>	<p>Flot-F2</p>	<p>3.1. Qüestionament del model (B24)</p>
<p>B24: "Però què poseu? Quatre fletxes...?"</p> <p>B21: "Quatre fletxes; dos fletxes, o tres fletxes. Es que jo crec... Saps la pregunta d'abans que hem dit: 's'equipara quan està fins la vora'"</p> <p>[arriba la professora]</p> <p>B23: "S'equipara sense la força de la mà"</p> <p>B21: "O sigui, quasi ple està gairebé equiparat, però no del tot, perquè se'ns torça una miqueta, no?"</p>	<p>REV (B21)</p>	<p>Flot-F2</p>	
<p>Professora: "Però això ara és igual. El got no puja ni baixa, no? Ara mateix?"</p> <p>[assenyalant el got]</p> <p>B23: "Llavors vol dir que està equiparat..."</p> <p>Prof: "No ho se... està quiet ara mateix, no? O veieu que es mou?"</p> <p>B21: "no. Però llavors no entenc el que hem fet abans. Abans hem dit que tu havies de fer força amb les mans fins que quedés enfonsat."</p>	<p>AVA (B23)</p>	<p>Flot-F2</p>	<p>3.1. Qüestionament del model (Prof)</p>
<p>Prof: "Ah, sí... era perquè per arribar fins la vora... tú, per enfonsar-lo fins la vora, si ho fiques així [mig ple d'aigua] no s'enfonsa fins la vora, i jo et deia: 'per enfonsar-lo fins la vora, quanta aigua has de posar? Tot el got ple. Però ara no és aquesta pregunta. Ara direm: hi ha dues situacions d'equilibri (que no vol dir enfonsat fins la vora), una que s'enfonsa fins la vora que és ple d'aigua, i una altra que si li trec una mica, tampoc</p>	<p>AVA (B21)</p>	<p>Flot-F3</p>	<p>1.2. Connexió d'aprenentatges + 4.4. Introducció d'idees noves</p>

<p><i>haig de fer força, és veritat, però no s'enfonsa fins la vora."</i></p> <p>B21: "Però com es pot equiparar..?"</p> <p>B23: "Com es pot equilibrar? O sigui, estàs fent la mateixa força de gravetat que d'empenta."</p> <p>Prof: "Ha d'haver-hi les mateixes, no?"</p> <p>B21: "Però no pot ser que hi hagi la mateixa força quan està gairebé ple que quan està ple. Ha d'haver-hi una miqueta més, no?"</p> <p>Prof: "clar."</p>  <p>B21: "Estàs posant-hi més aigua."</p> <p>Prof: "clar"</p> <p>B21: "El que passa que igualment es troba el punt d'equilibri."</p> <p>Prof: "Exacte. Esteu dient-ho bé."</p> <p>B21: "Però sí que és cert que hi ha una miqueta més [de pes] si està tot ple, perquè hi ha més gravetat, perquè hi ha més pes dins del got"</p>			(Prof)
<p>B23: "Hi haurà un punt en que no es podrà aguantar"</p> <p>Prof: "Però és igual això, perquè ara ja hem escollit dues situacions en les que sí s'aguanta."</p> <p>B23: "O sigui... però necessites bastanta aigua perquè hi hagi aquesta situació d'equilibri"</p> <p>Prof: "Sí... Bueno... així també [menys aigua dins del got]. El que passa que aquest filferro ens fa una mica la punyeta. Però això també s'aguanta [amb menys aigua]. És igual; dues situacions en les que s'aguanti: una amb menys aigua i una amb més. S'aguanta. Ara deixa't estar quan fèiem força, és un altre exemple."</p>	AVA (B23)	Flot-F3	2.3. Destacament d'idees rellevants del model (Prof)
<p>B21: "Però com s'equilibren les forces?... Ah vale! S'equilibren perquè després el volum que només hi ha d'aigua... Clar! Si tu poses X aigua, es mou [es desplaça] aquell volum, per tant les forces s'equiparen, no?"</p>	REV (B21)	Flot-F4	
<p>B23: "Llavors, tot allò que hem fet abans és incorrecte?"</p> <p>B24: "Noo, perquè allà estaves fent una força clarament, és la humana. Aquí no."</p> <p>Prof: "Aquí no fem cap força humana. Aquí només hi ha la del pes i la de l'empenta."</p> <p>B24: "Després s'equilibra la força que hi ha aquí [dins del got] amb l'empenta."</p>	REV (B24)	Flot-F3	
<p>B21: "Però enteneu el que ens estava passant a nosaltres? Estàvem dient: 'si poses menys aigua hi ha menys pes, no? [la resta assenteixen] Per tant, està menys equilibrat amb la força de l'empenta."</p>	AVA (B21)	No- Flot-F2	4.7. Anàlisi de la completesa del model (B21)
<p>Prof: "Perquè estàveu pensant que l'empenta era igual en els dos casos."</p> <p>B24: "Clar, no. Aquí [got mig ple] és més... que això [inintel·ligible] però estan equilibrades"</p> <p>B21: "Aquí [got mig ple] també hi ha menys empenta... L'empenta va canviant, també, no? Segons la quantitat de [inintel·ligible] és distinta. Llavors, si hi ha menys empenta..."</p>	REV (B21)	Flot-F4	4.4. Introducció d'idees noves (Prof)



**Taula 41:** Transcripció i codificació de l'episodi 2c (seleccionat de la *Tasca Flot 5* del G2).

En aquest episodi s'observa que l'anàlisi de la completesa del model i el qüestionament del model fet per l'alumnat i la professora inicialment no fa avançar el model de les alumnes, però que quan la professora introdueix idees clau, connecta aprenentatges o destaca idees rellevants, les alumnes són capaces d'adonar-se d'allò que els hi fallava en els seus models i avançar cap a models més sofisticats. En la conversa es poden apreciar tres etapes de progressió del model.

En una primera fase, les alumnes creuen que només en una de les situacions (got ple d'aigua) hi ha equilibri de forces, mentre que en l'altra (got mig ple d'aigua) no es dona l'equilibri (*Flot-F2*). Tot i que hi ha equilibri en els dos casos, pensen que amb el got mig ple d'aigua no hi ha, en primer lloc perquè el got no es queda completament estable dins l'aigua inicialment ("*La de l'empenta guanya una miqueta, per això es torça més el got*", "*El got és inestable*") i en segon lloc perquè consideren que l'empenta és la mateixa en els dos casos i que per tant si el pes és menor amb el got mig ple no pot haver-hi l'equilibri de forces ("*Hi ha menys pes perquè hi ha menys força de la gravetat dintre [del got], i aquesta [l'empenta] guanya una miqueta més*", "*Com pot ser que s'equiparin? No es poden equiparar, hi ha més força de baix que de dalt*"). El qüestionament del model que fan les alumnes ("*Aquí no s'equiparen? Ple d'aigua? [...] però si s'aguanta!*") no serveix per modificar el model, ja que les alumnes observen el fenomen des de la mateixa mirada ("*Només s'equipara quan està tot ple d'aigua. Quan està quasi ple, se te'n va cap al costat*"), mantenint-se així en un nivell 2 del sub-model de flotació-forces (*Flot-F2*), on es considera que la flotació s'explica pel desequilibri de forces.

En una segona etapa, la professora qüestiona el model, demanant les proves que donen suport al seu model ("*El got no puja ni baixa, no? Ara mateix està quiet. O veieu que es mou?*"). A continuació les ajuda a connectar amb aprenentatges anteriors, clarificant que la situació i la demanda actual és diferent a la de la tasca anterior ("*Ara no és aquesta la pregunta. Ara direm: hi ha dues situacions d'equilibri (que no vol dir enfonsat fins la vora)*"). Per últim, introdueix idees noves ("*Ha d'haver-hi les mateixes [forces], no?*"), la qual cosa promou que les alumnes avancin a un model més sofisticat (*Flot-F3*) en el qual la flotació s'explica per un equilibri de forces ("*Estàs posant-hi més aigua [...] El que passa que igualment es troba el punt d'equilibri*"). Tot i així, les alumnes identifiquen que el seu model no té prou pertinència o coherència interna, ja que no entenen com pot ser que l'objecte més pesat s'equilibri igual que l'objecte menys pesat ("*Però sí que és cert que hi ha una miqueta més de pes si està tot ple [...] Però com s'equilibren les forces?*"). Això és perquè li falta entendre que el got que més s'enfonsa també rep més empenta (perquè encara no tenen clara la naturalesa de l'empenta), i per tant encara es troben a un nivell 3 del model (*Flot-F3*).

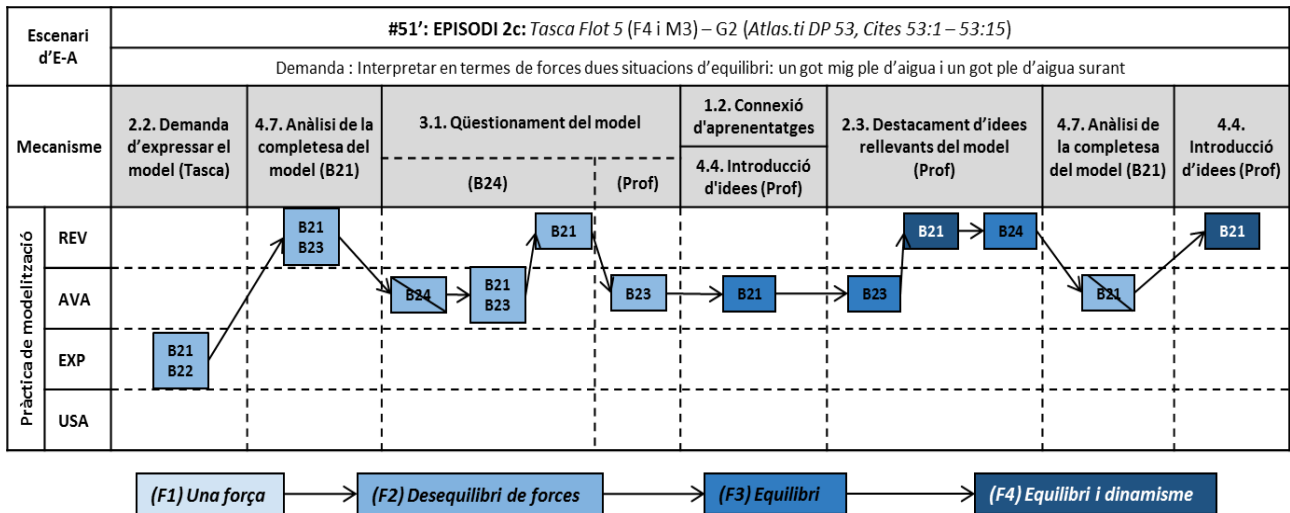
A través del destacament d'idees rellevants ("*Aquí no fem cap força humana. Aquí només hi ha la del pes i la de l'empenta*") la professora les ajuda a superar aquesta dificultat, permetent que les alumnes s'adonin de quina era la seva limitació ("*Però enteneu el que ens estava passant a nosaltres? Estàvem dient: 'si poses menys aigua hi ha menys pes, no? Per tant, està menys equilibrat amb la força de l'empenta.*"). Amb la



Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes

introducció d'idees clau en el moment adequat (“...perquè estàveu pensant que l’empenta era igual en els dos casos”), la professora permet que al menys les alumnes avancin cap a un nivell 4 del model (Flot-F4), on s’entén la naturalesa de l’empenta (“Clar! Si tu poses X aigua, es mou [es desplaça] aquell volum, per tant les forces s’equiparen, no? [...] Aquí [got mig ple] també hi ha menys empenta... L’empenta va canviant, també, no?”).

Al gràfic #51’ es mostra l’anàlisi realitzada de l’episodi 2c, representant l’evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l’episodi, indicant qui del grup (B21-B24) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l’activitat de modelització d’aquest episodi.



Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48’-#59’, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

Discussió sobre el qüestionament del model

Al llarg d'aquests episodis hem constatat que el qüestionament és molt important i clau per avaluar i revisar el model (fer una pràctica de modelització interessant), i pot ser més o menys productiu depèn de com es doni. Aquesta productivitat (és a dir, que l'alumnat avanci en el model) no depèn de qui faci aquest qüestionament (alumne, tasca o professor). **El factor clau que fa que aquest mecanisme sigui productiu és que algú qüestionari des d'un model més avançat (episodi 2b) o que directament s'introdueixin idees noves (episodi 2c).** És a dir, allò que fa avançar en el model és que algú tingui idees més sofisticades. En canvi, el qüestionament per si sol pot no té per què ser productiu, i pot fins i tot portar a un retrocés en el model si no es dóna una ajuda experta que permeti superar els reptes que sorgeixen durant l'activitat (com per exemple, les limitacions procedimentals o la dificultat d'interpretació de les dades).

De fet, el qüestionament sense una aportació d'idees noves només portarà a un avanç del model quan aquestes son senzilles (com a l'episodi 2b), mentre que quan són més importants, cal una **intervenció adequada del professorat, destacant idees rellevants i introduint idees noves en el moment necessari de la conversa.** Això permet que les alumnes vagin adonant-se de la falta de correspondència (amb les dades) i la falta de pertinença (coherència interna) del seu model, promovent una ràpida progressió cap a versions més sofisticades del model, fins i tot quan es tracta d'un model especialment difícil.

### 5.4.2.3. La demanda o aportació d'altres dades (per l'alumnat)

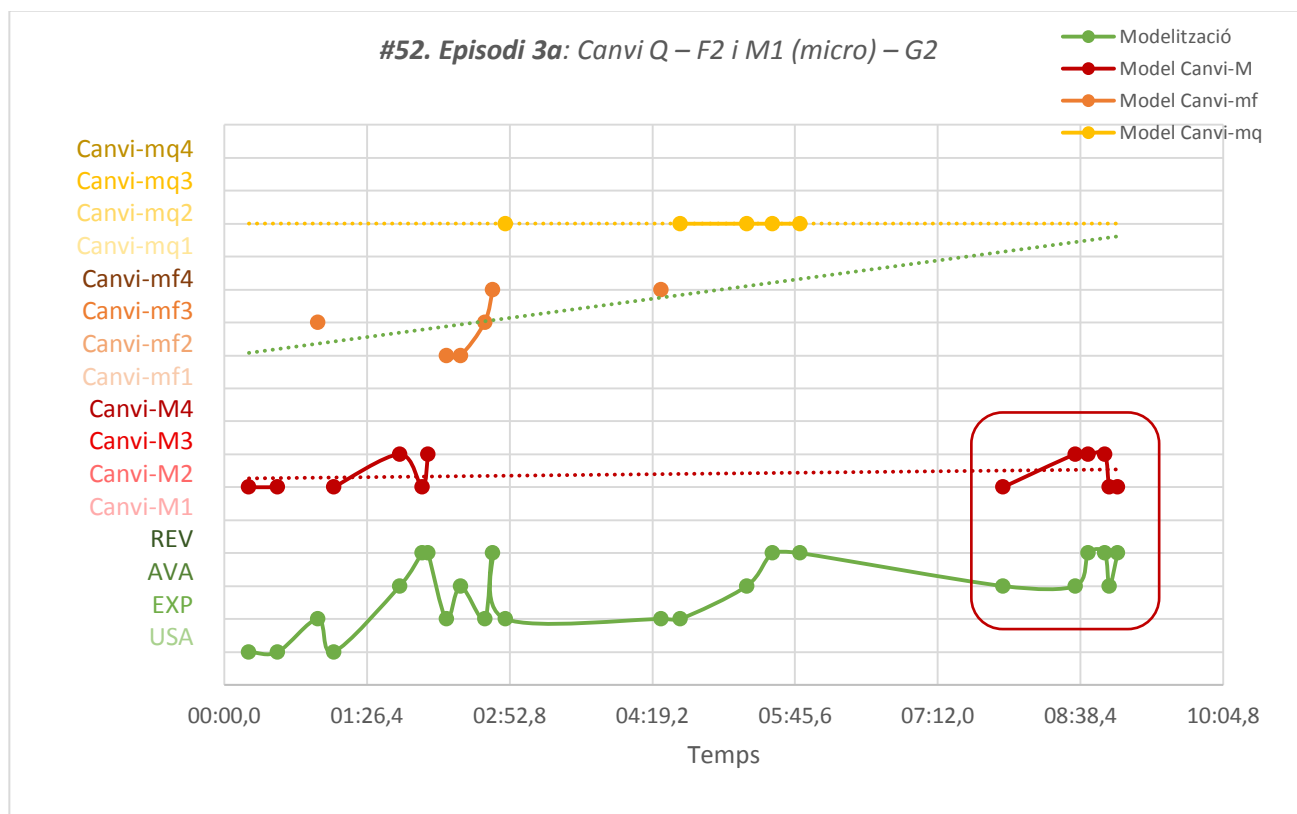
La demanda o aportació d'altres dades (ja sigui d'experiències quotidianes, d'experiments mentals o de fenòmens de classe) és un dels mecanismes més comunament utilitzats per l'alumnat. Per analitzar de manera qualitativa l'efecte d'aquest mecanisme, hem seleccionat dos episodis on s'observa que aquest mecanisme no serveix per fer avançar el model, però sí per involucrar a l'alumnat en una pràctica de modelització interessant, on avaluen i revisen el seu model de manera continuada.

#### Episodi 3a

Aquest episodi, igual que l'episodi 3a, es dona a la *Tasca Canvi 6* (que correspon a la fase 2 de modelització i al M1-micro del model de canvi químic). Tal i com ja s'ha comentat, en aquesta tasca, després d'haver classificat diferents tipus de canvis en físics o químics segons les seves propietats, es demana a l'alumnat escollir un exemple de canvi físic i un de canvi químic i intentar dibuixar com se'ls imaginin "per dins", és a dir, a nivell de partícules. Al final de la discussió tornem a trobar que **les alumnes del grup 2 tornen a discutir del model a nivell macro (Canvi-M), però en aquest cas sense avançar clarament de nivell, ja que passen del nivell 2 (Canvi-M2) al nivell 3 (Canvi-M3) i tornen al nivell 2 (Canvi-M2).**



El gràfic #52 mostra el patró de variació de tres sub-models de canvi químic (*Canvi-mq*, *Canvi-mf* i *Canvi-M*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G2 a la *Tasca Canvi 6*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 3a** està delimitada per un quadre vermell.




**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.



Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes

A continuació (Taula 42) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 3a (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

<b>TRANSCRIPCIÓ EPISODI 3a: <i>Tasca canvi 6</i> del G2 (Doc 42, 42:18-42:23) <a href="#">ENLLAÇ</a></b> <b>07:47-09:25</b>	<b>Pràctica</b>	<b>Model</b>	<b>Mecanisme</b>
<p>Situació: Després d'haver discutit sobre com dibuixar un canvi físic i un canvi químic a nivell de partícules, les alumnes estan dibuixant en el seu dossier, quan una d'elles (B21) agafa el seu "termo", es queda pensant, i inicia la conversa a continuació:</p> <p>B21: <i>"Però per exemple, el te... clar. Canvia molt eh, en realitat! Perquè tu el te no te'l pots menjar. Perquè tu et beus la infusió, que és diferent, eh. Li apliques calor. I aquesta calor farà que el te desprengui la seva substància. Llavors seria te, no aigua amb te. Perquè no és el mateix. Perquè el te és aigua."</i></p> <p>B23, B24: <i>"Què?"</i></p> <p>B21: <i>"El te és aigua"</i></p> <p>B23: <i>"No, el te és una herba."</i></p> <p>B21: <i>"No, el te aquest [assenyalant un termo] és aigua. Aigua infusionada. Vale, i a la herba sí que li fas un canvi químic, no? Perquè quan la cremo canvia un 'monton'. Però l'aigua no. Per tant, la barreja d'aigua amb herba què és?"</i></p> 	AVA (B21)	Canvi-M2	<b>3.2.</b> Demanda o aportació d'altres dades (fenomen quotidià) (B21)
<p>B23: <i>"Jo no veig per què és un canvi químic"</i></p> <p>B21: <i>"Perquè l'herba... tu li poses l'aigua calenta i... [fa el gest de desfer-se]"</i></p> <p>B24: <i>"És que jo ho veig com l'aigua amb sal. L'aigua i la sal sí que és com una barreja... [intel·ligible]"</i></p>	AVA (B23, B24)	Canvi-M3	<b>3.2.</b> Demanda o aportació d'altres dades (fenòmens de classe anteriors) (B24)
<p>B22: <i>"Tot i que tu no ho vegis, segueix sent aigua, i sal. Tot i que tu no ho vegis, segueix sent llet i cola-cao"</i></p> <p>B24: <i>"Doncs tot i que tu no ho vegis, segueix sent aigua i te."</i></p>	REV (B22, B24)	Canvi-M3	<b>3.2.</b> Demanda o aportació d'altres dades (fenòmens de classe anteriors) (B24)
<p>B22: <i>"No, perquè no estan les herbes flotant per allà"</i></p>	AVA (B22)	Canvi-M2	<b>3.2.</b> Demanda o aportació d'altres dades (fenòmens de classe anteriors) (B24)
<p>B24: <i>"Ja, però llavors el canvi químic és abans de barrejar l'aigua i les plantes"</i></p> <p>B23: <i>"Sí. Exacte.."</i></p> <p>B21: <i>"Sí. El canvi químic és a la herba..."</i></p> <p>B24: <i>"És la bosseta"</i></p> <p>B21: <i>"O sigui, li passa a la herba... i el canvi físic en l'aigua. A l'aigua hi ha un canvi físic perquè tu li fiques la bossa de te... pregunta-li [a la professora]"</i></p> <p>[intenten preguntar-li a la professora però està amb un altre grup i no les pot atendre]</p>	REV (B21, B23, B24)	Canvi-M2	<b>3.2.</b> Demanda o aportació d'altres dades (fenòmens de classe anteriors) (B24)

Taula 42: Transcripció i codificació de l'episodi 3a (seleccionat de la *Tasca canvi 6* del G2).

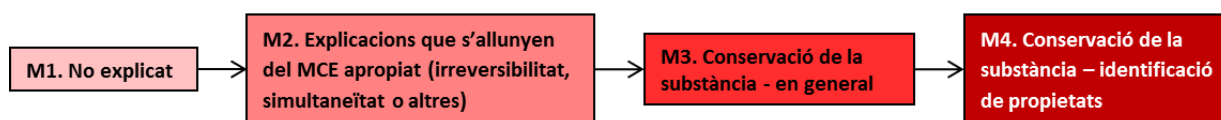
En aquest episodi, s'observa que la demanda o aportació d'altres dades per l'alumnat no promou que avancin en el model, a diferència dels l'episodi 2b i 2c, on aquest mecanisme sí permetia avançar en el model, ja que algú del grup ja dominava el model i algú altre tenia molt clar el fenomen.

D'igual manera que a l'episodi 2b, la discussió s'inicia quan una alumna introdueix un fenomen hipotètic quotidià (fer un te) perquè no el sap explicar amb el model de canvi químic que té, tot i que l'evolució a continuació és molt diferent. Aquesta alumna (B21) parla del te com una reacció química: el te es el producte de la reacció, diferent del que era l'aigua o l'herba (per tant no és herba dissolta). Té un nivell 2

del sub-model macro de canvi químic (*Canvi-M2*), on tot el que té a veure amb la calor implica un canvi químic (*“li apliques calor, i la calor farà que desprengui la seva substància”*) i on es té la idea de simultaneïtat de canvi físic i químic (*“a la herba li fas un canvi químic, canvia molt. Però l’aigua no”*). Aquesta idea no és acceptada inicialment per les companyes, ja que veuen que l'exemple del te és anàleg a altres fenòmens prèviament mencionats a classe (com l'aigua amb sal o la llet amb colacao), que per elles són una barreja/dissolució (i per tant canvi físic) perquè no s'ha modificat molt la substància (*Canvi-M3*). És a dir, comparen fenòmens similars per intentar trobar paral·lelismes entre ells i assolir un model més robust que expliqui els diferents fenòmens. Tot i així, tornen a retrocedir a un model anterior (*Canvi-M2*) ja que identifiquen una gran diferència entre els fenòmens de classe i el nou fenomen proposat: que en l'aigua infusionada una part del solut no es dissolt (*“No, perquè no estan les herbes flotant per allà”*), sinó que queda dins de la bosseta com herbes hidratades, la qual cosa els hi fa pensar que sí és possible que hagi una barreja (aigua i herbes) i una reacció química, el producte de la qual és l'aigua verda. En no quedar satisfetes amb el seu model, busquen l'ajuda de la professora (que no aconsegueixen), la qual cosa mostra una estratègia de resolució adequada donades les circumstàncies de no poder construir un model satisfactori per si soles.

Al gràfic #52' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 3a, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (B21-B24) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.

Escenari d'E-A		#52': EPISODI 3a: <i>Tasca canvi 6</i> (F2 i M1micro) – G2 ( <i>Atlas.ti DP 42, Cites 42:18 – 42:23</i> )	
		Demanda: Dibuixar un canvi físic/feble i un canvi químic/fort a nivell de partícules (després d'haver classificat els canvis a nivell de propietats)	
Mecanisme		3.2. Demanda o aportació d'altres dades: fenomen quotidià (B21)	3.2. Demanda o aportació d'altres dades: fenomen classe (B24)
Pràctica de modelització	REV		B22 B24
	AVA	B21	B23 B24
	EXP		B22
	USA		B21 B23 B24



Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48' -#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

### Episodi 3b

L'episodi 3b es dona a la *Tasca Flot 2* (que correspon a la fase 2 de modelització i al M1 del model de flotació), on es demana a l'alumnat enfonsar un got buit en aigua (*“fer un forat”* a l'aigua) i notar com varia la força realitzada (i per tant l'empenta de l'aigua) a mesura que s'intenta enfonsar més el got (*“En quina situació estàs fent més força?”*), i interpretar-ho en termes de forces (*“Com ho explicaries en termes de les forces implicades?”*).

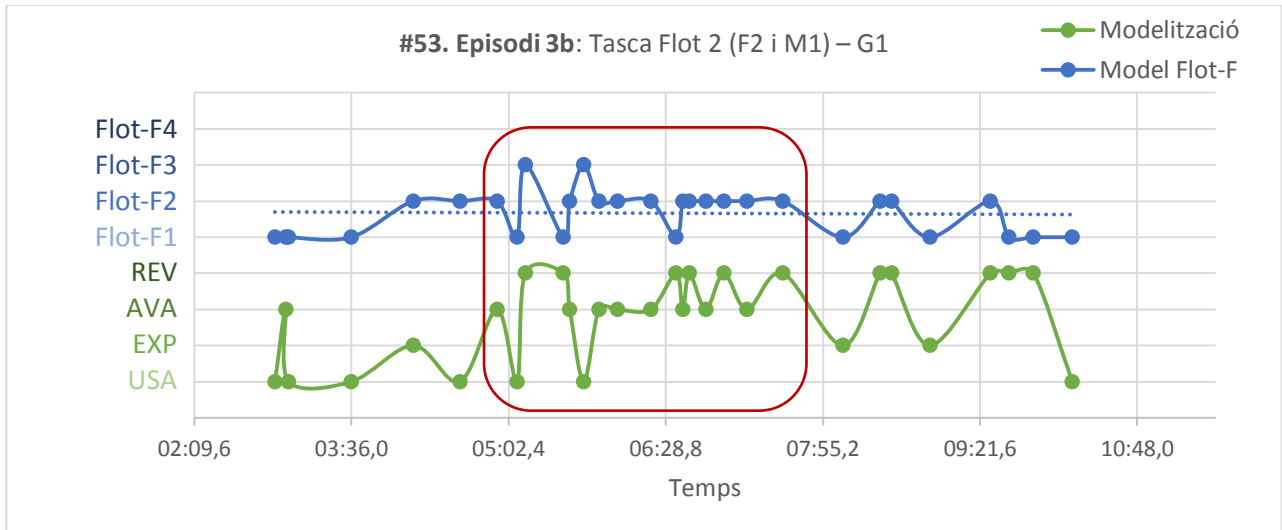


En aquest escenari les alumnes del grup 1 van avançant i retrocedint en el seu model de flotació en termes de forces (*Flot-F*), passant pels nivells 1, 2 i 3 (*Flot-F1, Flot-F2 i Flot-F3*) però situant-se sobretot al nivell 2.

Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes

Així mateix, s'observa que les alumnes s'involucren en una pràctica de modelització interessant (avaluen i revisen el model moltes vegades).



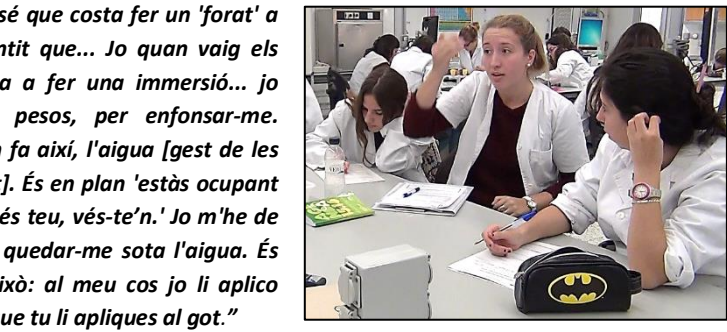
El gràfic #53 mostra el patró de variació del sub-model de flotació (*Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G1 a la *Tasca Flot 2*. La secció de la discussió que correspon a l'episodi 3b està delimitada per un quadre vermell.



**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 43) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 3b (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ EPISODI 3b: <i>Tasca Flot 2</i> del G1 (Doc 55, 55:7-55:23) <a href="#">ENLLAÇ 04:55-08:05</a>	Pràctica	Model	Mecanisme
<b>Situació:</b> Les alumnes, han anat submergint el got en aigua i explicant amb termes de forces les diferents situacions (got més o menys enfonsat): com més se submergeix el got, més força fa l'aigua i més força hem de fer nosaltres. Mentre estan escrivint l'explicació al dossier, es dona la conversa a continuació: <i>C15: "I com s'explica que com més baixem, més costa...?"</i>	AVA (C15)	Flot-F2	3.1. Qüestionament del model (C15)
<i>C14: "perquè hi ha més aigua i més got"</i>	USA (C14)	Flot-F1	
<i>C15: "més aigua on?"</i> <i>C13: "no, jo crec que és: quant més vols enfonsar i més força fas... [fa gest amb els mans cap amunt, com simulant l'efecte de l'empenta de l'aigua]"</i> <i>C11: "li toca per més costats [l'aigua al got]"</i>	REV (C13)	Flot-F3	
<i>C15: "Sí; però jo estic pensant amb forces ara. Una cosa és el que notes, i una altra és amb forces Què està passant?"</i>	Meta		2.1. Demanda d'usar el model (C15)
<i>C11: "Que hi ha més parts toques per la força de l'aigua"</i>	REV (C11)	Flot-F1	
<i>C15: "Però pel costat llavors també t'exerceix pressió i no pots baixar-lo [el got]? Això és estrany"</i>	AVA (C15)	No-Flot-F1	

<p>C13: "No sé, jo només penso que com més et submergeixes, més força fas i més força et fa el got perquè també surtis"                  C12: "O sigui que a més profunditat també...?"                  C13: "Jo crec que sí."</p>		<p>USA (C13)</p>	<p>Flot-F3</p>	
<p>C15: "Però... al mar m'ho imagino perquè segueix havent-hi aigua, però aquí pràcticament no quedava aigua a sota per fer resistència"                  C13: "Ja, perquè t'ho has d'imaginar que és un... perquè no tenim més aigua... [silenci] o sigui si tingués... ¿no?"                  C15: "no, perquè si hi ha només dos mil·límetres d'aigua... tanta força fan 2 mm d'aigua?"                  C11: "Ja, entenc la teva pregunta"                  C15: "Gairebé que sembla més lògic que quan hi ha més aigua a sota hi hagi més resistència que no ara quan n'hi ha poca."</p>		<p>AVA (C15, C13)</p>	<p>Flot-F2</p>	<p>3.2. Demanda o aportació d'altres dades (fenomen quotidià) (C15)</p>
<p>C11: "Però jo crec que sí que s'exerceix [força] pels costats també."</p>		<p>REV (C11)</p>	<p>Flot-F1</p>	
<p>C15: "Sí, però aquesta és la que fa tanta força?"</p>		<p>AVA (C15)</p>	<p>No-Flot-F1</p>	
<p>C13: "Per això està pujant l'aigua pels costats, perquè és en plan: 'ostres, m'estan traient el meu lloc, he de anar-me'n cap a un altre costat perquè no...'"</p>		<p>REV (C13)</p>	<p>Flot-F2</p>	<p>4.5. Ús d'analogies (C13)</p>
<p>C12: "sí clar, però... al mar què?" [...] "Al mar no... al mar no hi ha, en pla... 'necessito lloc pels costats'"</p>		<p>AVA (C12)</p>	<p>No-Flot-F2</p>	
<p>C13: [pensa] "però passa, amb la pilota. Imagineu-vos lo de la pilota: quan la intentes baixar cap avall, vulguis o no, la mar 'augmenta'. Com més gent es fica a l'aigua... [gest cap amunt]. No ho veiem però..."</p>		<p>REV (C13)</p>	<p>Flot-F2</p>	<p>3.2. Demanda o aportació d'altres dades (experiment mental) (C13 i C12)</p>
<p>C12: "i si dins del got es fiquen per exemple... pedres... també... o sigui, s'enfonsaria o no?"                  C14: "Si té pedres sí" [pensen]</p>		<p>AVA (C12, C14)</p>	<p></p>	
<p>C13: "Jo només sé que costa fer un 'forat' a l'aigua en el sentit que... Jo quan vaig els caps de setmana a fer una immersió... jo m'he de posar pesos, per enfonsar-me. Perquè si no, em fa així, l'aigua [gest de les mans cap amunt]. És en plan 'estàs ocupant un espai que no és teu, vés-te'n.' Jo m'he de posar pesos per quedar-me sota l'aigua. És el mateix que això: al meu cos jo li aplico una força igual que tu li apliques al got."</p>		<p>REV (C13)</p>	<p>Flot-F2</p>	

Taula 43: Transcripció i codificació de l'episodi 3b (seleccionat de la Tasca Flot 2 del G1).



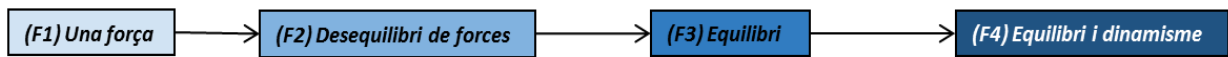
A l'episodi 3b observem (al igual que a l'episodi 3a) que la demanda o aportació d'altres dades juntament amb altres mecanismes (com el qüestionament del model o l'ús d'analogies) per part de l'alumnat no és suficient per fer evolucionar el model cap a versions més sofisticades, tot i que sí que promou (igual que a l'episodi anterior) una pràctica de modelització interessant, amb molta avaluació i revisió del model.

En aquest fragment observem que diferents alumnes tenen diferents nivells del sub-model de flotació forces (Flot-F) i que aquests nivells varien poc al llarg de l'episodi. En primer lloc, a l'inici de la conversa, l'alumna (C13) es troba en un nivell 3 (*Flot-F3*), ja que té una visió d'equilibri de forces (*"Com més et submergeixes, més força fas i més força et fa el got perquè també surtis"*). L'alumna C15, en canvi, té una contradicció entre el seu model de desequilibri on l'empenta depèn de l'aigua que hi ha sota l'objecte (*Flot-F2*) i el fenomen observat: com més s'enfonsa l'objecte, més força fa l'aigua cap amunt, tot i haver-hi menys quantitat d'aigua sota l'objecte per empènyer i (*"tanta força fan 2mm d'aigua? [...] Quasi sembla més lògic que quan hi ha més aigua a sota hi hagi més resistència que no ara quan hi ha poca"*). Aquesta contradicció, expressada en diverses ocasions i de manera molt lògica, ens mostra la dificultat que existeix per entendre la naturalesa de l'empenta (la qual no depèn de l'aigua que hi ha sota l'objecte sinó de l'aigua desplaçada) i la limitació que pot suposar per avançar cap a versions més sofisticades del model. De fet, una altra alumna (C11), intentant donar resposta a aquesta contradicció, proposa una explicació que es trobaria en un nivell encara més inicial del model (*Flot-F1*), en la qual l'empenta depèn de les forces laterals que fa l'aigua sobre l'objecte (*"Hi ha més parts tocades per la força de l'aigua [...] S'exerceix força pels costats també"*).

Al llarg de la discussió l'alumna que demostra tenir major contradicció (C15) utilitza diferents mecanismes que promouen la discussió: qüestionar el model (*"i com s'explica que com més baixem, més costa...?"*), demanar usar el model (*"però amb forces què està passant?"*) i aportar dades de fenòmens quotidians (*"al mar m'ho imagino perquè segueix havent-hi aigua"*). D'altra banda, l'alumna que es troba en un model més sofisticat (C13) fa ús d'analogies per intentar explicar a les altres la seva idea sobre la naturalesa de l'empenta (*"és en plan [com si parlés l'aigua]: 'ostres, m'estan traient el meu lloc, haig de marxar cap a una altra banda perquè no...'"*). També es dona la proposta d'experiments mentals, tot i que no són rellevants per la discussió ni pel model (*"Imagineu-vos lo de la pilota: quan la intentes baixar cap avall, vulguis o no, la mar 'augmenta'"* i *"Si dins del got hi posen, per exemple, pedres, també s'enfonsaria?"*). Aquesta varietat de mecanismes utilitzats per les pròpies alumnes serveix per anar avaluant i revisant en diverses ocasions els seus models. A més, s'observa que són capaces de connectar amb la seva experiència quotidiana per intentar millorar el model. Ara bé, la dificultat per entendre la naturalesa de l'empenta no permet que avancin cap a versions més sofisticades del model.

Al gràfic #53' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 3b, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (C11-C15) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.

Escenari d'E-A		#53': EPISODI 3b: <i>Tasca Flot 2</i> (F2 i M1) – G1 ( <i>Atlas.ti DP 55, Cites 55:7 – 55:22</i> )				
		Demanda : Notar com varia l'empenta a mesura que enfonsem un got en aigua i interpretar-ho en termes de forces.				
Mecanisme		3.1. Qüestionament del model (C15)	2.1. Demanda d'usar model (C15)	3.2. Demanda o aportació d'altres dades: fenomen quotidià (C15)	4.5. Ús d'analogies (C13)	3.2. Demanda o aportació d'altres dades: experiment mental (C13 i C12)
Pràctica de modelització	REV		C13 → C11	C11	C13	C13 → C13
	AVA	C15	C15	C15 C13	C12	C12 C14
	EXP					
	USA	C14	C13			



**Gràfic 13:** Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització. Comprèn els gràfics #48' -#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

Discussió sobre la demanda o aportació d'altres dades

Aquests dos episodis mostren dos exemples d'allò que passa en termes del model i la modelització quan l'alumnat demana o aporta altres dades. En els dos casos es dona una **pràctica de modelització rica d'avaluació i revisió** del model, però en cap dels dos hi ha una millora o sofisticació del model. A l'episodi 3a observem que la comparació d'un fenomen quotidià amb altres fenòmens de classe no és suficient per superar els reptes que sorgeixen quan es tracta d'un fenomen especialment difícil (per exemple, quan té algun aspecte diferent a la resta de fenòmens similars), i poden fomentar fins i tot un retrocés en el model si no hi ha ajuda per part del professorat. A l'episodi 3b l'alumnat utilitza analogies i l'experiència quotidiana per intentar explicar un fenomen paradigmàtic de l'aula que no quadra amb el seu model i intentar millorar-lo, però la dificultat per entendre algunes idees importants i difícils del model (com la naturalesa de l'empenta) no permet als alumnes avançar cap a un model més sofisticat.

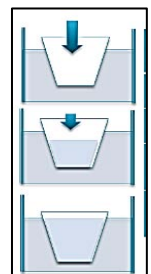
En resum, podem dir que no hi ha prou amb l'experiència pràctica i la indagació d'un fenomen paradigmàtic, sinó que el més important és l'explicació, entendre el mecanisme que explica aquell fenomen; és a dir, modelitzar-lo. Per aconseguir això, evidentment, no serà suficient amb promoure mecanismes com l'aportació de noves dades, sinó que serà necessària una influència experta que ajudi a enfocar la mirada i aporti noves idees que l'alumnat no pot assolir pel seu compte.

5.4.2.4. La introducció d'idees noves (pel professorat)

La introducció d'idees noves és el mecanisme que inicia una activitat de modelització més fomentat pel professorat. En els dos episodis a continuació s'analitza qualitativament com aquest mecanisme (quan es dona amb d'altres mecanismes propis del professorat) és especialment productiu: fa avançar la discussió i evolucionar el model en el camí desitjat.

Episodi 4a

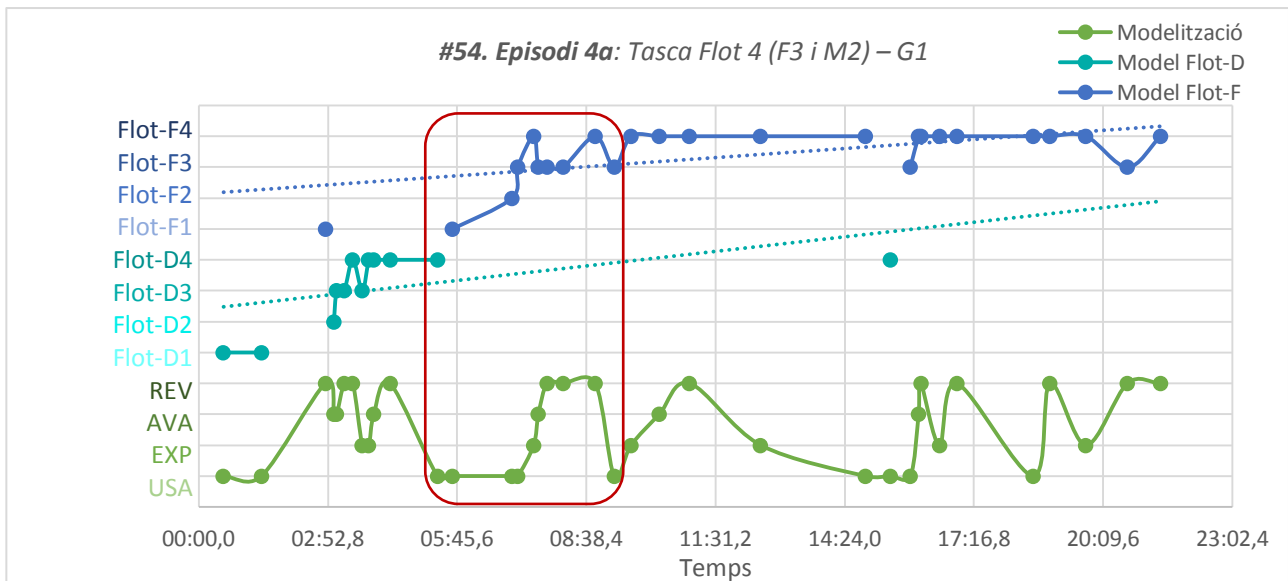
L'episodi 4a es dona a la *Tasca Flot 4* (que correspon a la fase 3 de modelització i al M2 del model de flotació). En aquesta tasca es demana a l'alumnat notar com varia la força que hem de fer per mantenir enfonsat un got "fins la vora" a mesura que anem introduint aigua en el got, i interpretar-ho en termes de forces. A més es demana respondre a les preguntes:



“Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l’aigua?”, “Quin és el valor de l’empenta que fa l’aigua sobre el got?”.

En aquest escenari les alumnes del grup 1 comencen la conversa parlant en termes de densitat, és a dir, fent ús del sub-model de flotació-densitat (*Flot-D*). A partir de cert moment canvien i **comencen a parlar en termes de forces**, és a dir, fent ús del sub-model de flotació-forces (*Flot-F*), **passant dels nivells més baixos (*Flot-F1* i *Flot-F2*) als nivells més alts (*Flot-F3* i *Flot-F4*).**

El gràfic #54 mostra el patró de variació dels dos sub-models de flotació (*Flot-D* i *Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G1 a la *Tasca Flot 4*. La secció de la discussió que correspon a l’**episodi 4a** està delimitada per un quadre vermell.





**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d’episodis interessants.


Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 44) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l’episodi 4a (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l’activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ EPISODI 4a: <i>Tasca Flot 4</i> del G1 (Doc 43, 43:12-43:21) <a href="#">ENLLAÇ</a> 05:15-09:38	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><b>Situació:</b> Després de comprovar que a mesura que van introduint aigua dins del got, la força que han de fer per submergir el got disminueix, es disposen a respondre a la pregunta de la tasca “Com ho explicariu en termes de les forces implicades?”:</p> <p>C13: “Vale, vinga [motivant a respondre a la pregunta de la tasca]. Got buit: molta força. Posem que la densitat...”</p> <p>C15: “La densitat de l’aire és inferior que la densitat de l’aigua que l’envolta.”</p>	USA (C15)	Flot-D4	4.3. Re-enfocament en l’objectiu (C13)
<p>Prof: “Una cosa. Aquí heu d’explicar en termes de forces. No us lieu amb densitats encara. Tu abans estaves explicant: ‘jo empenyo el got, i l’aigua em fa una força amunt.’ Ara torneu a explicar això però hi ha una variable nova. Quina és?”</p> <p>C11, C13: “El pes.”</p> <p>Prof: “El pes de l’aigua, no? De la de dins del got. Incorporeu aquesta nova variable en aquestes forces”</p> <p>C11: “Vale. El pes fa una força que tu no has de fer. Tu no has de fer la força</p>	USA (C11, C12, C13)	Flot-F1	4.3. Re-enfocament en l’objectiu (Prof)



<p><b>perquè ja l'està fent el pes."</b>                  Prof: "Vale, doncs en cada cas, aneu dient..."                  C12: "Que aquí no hi ha... Aquí hi ha força però no hi ha pes."                  C13: "Clar, perquè quanta més aigua hi vas ficant, més pes té i menys et costa, no?"                  Prof: "Exacte. Això és el que heu d'anar apuntant."</p>			
<p>[li expliquen a la professora per què han introduït la idea de densitat]                  Professora: "Penseu, en cada cas, què ha anat passant. Jo no he hagut de fer tanta força perquè 'tal'. <b>Com és l'empenta en cada cas? Això és important. Aneu pensant com és l'empenta en cada moment.</b>"                  C13: "O sigui, en tema de forces parlem d'empenta o parlem de pes?"                  Prof: "En què hem quedat? Anem a ficar el vocabulari en comú. Què és l'empenta? En què hem quedat?"                  C15: "La resistència de l'aigua."                  Prof: "Ja està. Doncs a això li direm empenta, quan volem dir 'resistència de l'aigua'. A la resta de forces no els hi direm empenta perquè sinó ens liarem."                  C12: "Pues que <b>quan el got està buit hi ha més empenta que quan està ple, no?</b>"</p> 	USA (C12)	Flot- F2	4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació + 4.4. Introducció d'idees noves (Prof)
<p>Prof: "Què creieu la resta?"                  C11: "Jo crec que l'empenta és la mateixa el que passa que..."                  C13: "Costa més."                  C11: "...si està ple... O sigui, intenta lo mateix, però clar, com pesa tant, no pot... no?"                  Prof: "Explica-ho això que estàs dient."                  C11: "Que quan està buit i quan està ple (el got), l'empenta que provoca és la mateixa."</p>	USA (C11)	Flot- F3	
<p>C15: "No. Perquè hem dit que l'empenta màxima que pot fer l'aigua és el volum total de l'objecte."</p>	EXP (C12)	No- Flot- F3	4.1. Promoció de la divergència
<p>C11: "Però el volum és el mateix. El que varia és el pes."                  Prof: "Què dieu? Responeu al que diu ella. Què creieu? El volum és el mateix o no?"</p>	AVA (C11)	Flot- F3	+ 4.2. Demanda
<p>C15: "Sí, la resistència que et pot fer l'aigua és més o menys la mateixa però clar, la que hi ha fora no. Per això com que varia el pes, varia la quantitat d'empenta, no? O sigui, l'aigua està igual de "caxes" però depèn del què tu empenyis farà més força o menys"</p> 	REV (C15)	Flot- F3	d'aclarir el model o explicació (Prof)
<p>C11: "Però empenys el mateix. El que passa que no ho empenys tu, ho empeny el pes. Empeny el mateix. Llavors, l'empenta que rep és la mateixa, l'únic que com pesa més... li costa més empènyer cap amunt" [silenci]                  C15: "Crec que estem dient el mateix, no?"</p>	REV (C11, C15)	Sub- Flot- F4	3.1. Qüestionament del model (C15)

<p><i>Prof: "Intenteu dibuixar amb fletxes aquestes forces que esteu dient i intenteu fer-ho comparativament; és a dir: aquí la faig més gran, més petita... com va variant. Si és la mateixa, si no... i amb el dibuix potser us aclariu. Està molt bé aquesta discussió. Esteu a punt de tenir-ho.</i></p> <p><i>C13: "llavors, com quedem? Amb molta força com ho fem el dibuix?"</i></p> <p><i>C12: "Tu [C11] dius que hi ha la mateixa empenta en els dos casos?"</i></p> <p><i>C11: "Sí, perquè quan està ple d'aigua [el got] en comptes de fer-la tu la força cap a baix, la fa el pes [de l'aigua del got], però fa la mateixa força que si tu l'empenyessis. Llavors rep la mateixa empenta, perquè realment [el got] s'està enfonsant fins a la mateixa profunditat"</i></p>		<p>REV (C11)</p>	<p><b>Flot-F4</b></p>	<p><b>4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació + 2.2. Demanda d'expressar model (Prof)</b></p>
<p><i>C15: "És que jo crec que el pes de l'aigua i l'empenta es neutralitzen i només tu has de fer la força de l'aire perquè és la que l'aire no fa, perquè és inferior, i llavors l'has de fer tu. Però la que li fa l'aigua ja... elles es compensen i allà tu no fas res. Si pesés més llavors sí que guanyaria."</i></p>		<p>USA (C15)</p>	<p><b>Flot-F3</b></p>	
<p>(La següent intervenció continua a l'episodi 7a)</p>				

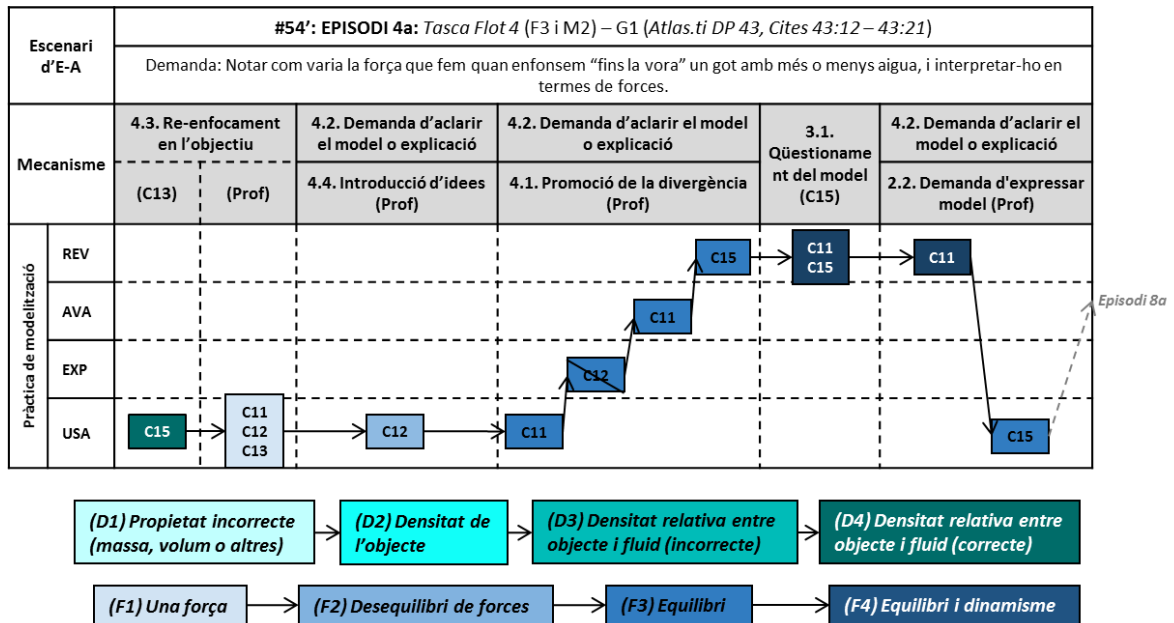
**Taula 44:** Transcripció i codificació de l'episodi 4a (seleccionat de la *Tasca Flot 4* del G1).

A l'episodi 4a s'observa que l'ús de diversitat de mecanismes per part de la professora (com la introducció d'idees, el re-enfocament en l'objectiu, la demanda d'aclarir el model o la promoció de la divergència) permet que les alumnes comencin a utilitzar un sub-model de flotació de tipus interpretatiu (*Flot-F*) en comptes de descriptiu (*Flot-D*) i que avancin ràpidament de versions molt naïf del model (*Flot-F1*) cap a versions molt sofisticades (*Flot-F4*).

En concret, l'episodi s'inicia amb una explicació del fenomen en termes de densitat, ja que durant la conversa prèvia havien parlat en aquests termes. La professora, identificant això, re-enfoca la discussió en l'objectiu de la tasca: fer una explicació en termes de forces ("Aquí heu d'explicar en termes de forces. No us lieu amb densitats encara"), i les ajuda enfocant la mirada en allò nou del nou fenomen en relació amb l'anterior ("Tu abans estaves explicant: 'jo empenyo el got, i l'aigua em fa una força amunt.' Ara torneu a explicar això però hi ha una variable nova. Quina és?"). En aquest moment les alumnes només parlen en termes d'una força ("Tu no has de fer la força perquè ja l'està fent el pes"), situant-se en el nivell 1 del model (*Flot-F1*). A continuació, la professora demana aclarir el model ("Com és l'empenta en cada cas?") i introdueix idees que no estaven prou clares ("a això li direm empenta, quan volem dir 'resistència de l'aigua'") per ajudar a les alumnes a tenir en compte l'altra força que intervé en el fenomen: l'empenta. Quan ho fan, les alumnes se situen en un nivell 2 del model (*Flot-F2*) ja que expliquen la flotació com un desequilibri de forces ("quan el got està buit hi ha més empenta que quan està ple"). En aquest moment la professora utilitza la promoció de la divergència ("Què creieu la resta?") i la demanda d'aclarir l'explicació ("Explica-ho això que estàs dient") dirigint-se a l'alumna que mostra un domini major del model, promovent que les alumnes saltin al següent nivell del model (*Flot-F3*), en el qual es parla d'equilibri de forces ("Quan està buit i quan està ple, l'empenta és la mateixa [...] el volum és el mateix. El que varia és el pes", i "com que varia el pes, varia la quantitat d'empenta"). Degut al qüestionament del model que fa una alumna ("Però empenys el mateix. El que passa que no ho empenys tu, ho empeny el pes") i la demanda d'aclarir i expressar de manera explícita el model que fa la professora ("Intenteu dibuixar amb fletxes aquestes forces que esteu dient i intenteu fer-ho comparativament"), les alumnes acaben revisant i millorant certs detalls del model, situant-se en el nivell 4 (*Flot-F4*), on mostren tenir clara la naturalesa de les forces implicades ("Quan està ple d'aigua en comptes de fer-la tu la força, la fa el pes de l'aigua, però fa la mateixa força que

si tu l'empenyessis. Llavors rep la mateixa empenta, perquè [el got] s'està enfonsant fins a la mateixa profunditat”).

Al gràfic #54' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 4a, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (C11-C15) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.

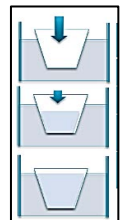


Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48' -#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

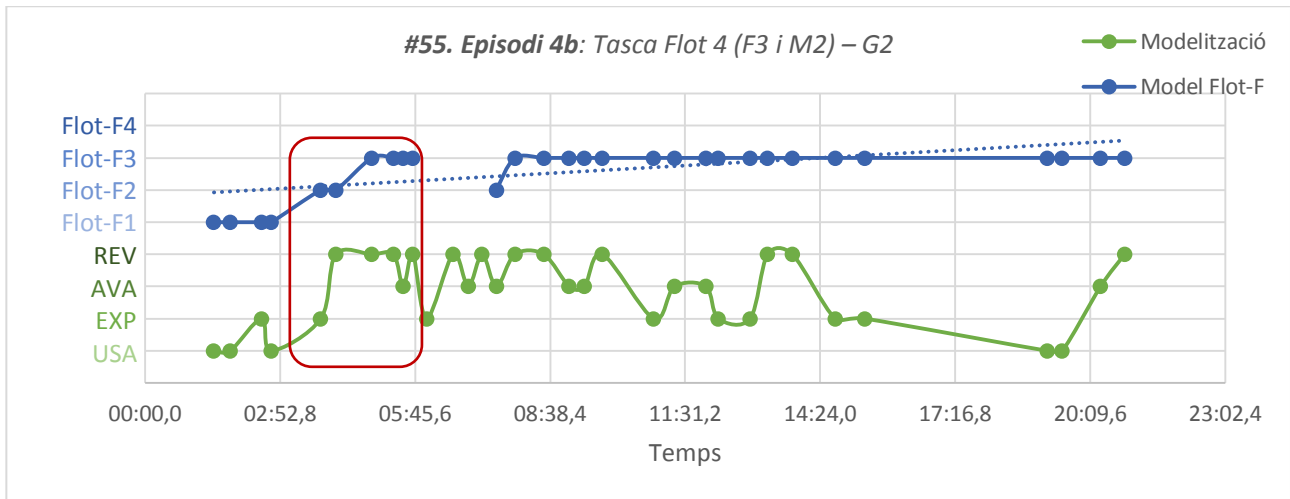
### Episodi 4b

Aquest episodi es dona també a la *Tasca Flot 4* (que correspon a la fase 3 de modelització i al M2 del model de flotació), on, com ja s'ha explicat a l'episodi 5a, es demana a l'alumnat notar com varia la força que hem de fer per mantenir enfonsat un got “fins la vora” a mesura que anem introduint aigua en el got, i interpretar-ho en termes de forces. A més es demana respondre a les preguntes: “Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l'aigua?”, “Quin és el valor de l'empenta que fa l'aigua sobre el got?”.



En aquest escenari, però, analitzem un tros de discussió que realitzen les alumnes del grup 2, les quals no parlen en termes de densitat (*Flot-D*), i a l'inici de la discussió són capaces de **passar del nivell 1 en termes de forces (*Flot-F1*), al nivell 2 (*Flot-F2*) i al nivell 3 (*Flot-F3*)**, mantenint-se en aquest nivell la resta de la discussió.

El gràfic #55 mostra el patró de variació del sub-model de flotació en termes de forces (*Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G2 a la *Tasca Flot 4*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 4b** està delimitada per un quadre vermell.





**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 45) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 4b (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ Episodi 4b: <i>Tasca Flot 4 del G2</i> (Doc 57, 57:05-57:10) <a href="#">ENLLAÇ</a> 03:35-05:52	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><u>Situació:</u> Les alumnes fan l'experiment d'anar notant quanta força han de fer per mantenir el got completament enfonsat, a mesura que van posant-hi aigua a dins. Fins al moment, les alumnes només parlen de la força que fan elles, i arriben a la conclusió que cada cop és menor perquè el pes de l'aigua "les ajuda". Per tant, es trobaven en el nivell 1 del model (<i>Flot-F1</i>), ja que només parlaven d'una força. Mentre estan apuntant al dossier la quantitat de força que han de fer en cada cas, arriba la professora.</p> <p>Prof: "Vale, <i>com ho explicàrieu en termes de les forces implicades?</i>"</p> <p>B22: "Doncs perquè..."</p> <p>B24: "es compensen"</p> <p>B21: "Se'ns suma, la..."</p> <p>Prof: "No, <i>però cadascuna d'elles</i>" [silenci] "La primera, amb el got buit, quines forces hi ha?"</p> <p>B21: "La que faig jo..."</p> <p>B23 i B24: "I la de l'aigua"</p> <p>Prof: "Vale, és el mateix que passava abans, no?"</p> <p>B24: "Sí"</p> <p>Prof: "Vale, doncs això és el que hem de dir."</p> <p>[les alumnes responen al dossier]</p>	EXP (B21, B23, B24)	Flot-F2	3.1. <b>Qüestionament del model (Prof)</b>
<p>Prof: "I com són aquestes forces de grans?"</p> <p>B21 i B23: "Grans. Molt"</p> <p>B21: "He posat nivell 4, que és el..."</p> <p>Prof: "Vale [rient] <i>Però, entre elles són iguals o són diferents?</i>"</p> <p>B21 i B22: "Com iguals?"</p> <p>Prof: "La de l'aigua i la de la mà és igual o és diferent?"</p> <p>B21: "no, <i>perquè jo tinc més força</i>"</p> <p>B22: "no, <i>la de la mà és més perquè venç a la força de l'aigua</i>"</p> <p>B21: "Sí, jo aconseguixo que no se'n surti"</p>	REV (B21, B22)	Flot-F2	4.2. <b>Demanda d'aclarir el model o explicació (Prof)</b>



<p>Prof: <i>"I per què no s'enfonsa, doncs, si la teva guanya?"</i></p> <p>[silenci]</p> <p>B21: <i>"Ai no se... però... jo podria fer que s'enfonsés"</i></p> <p>Prof: <i>"Fes-ho"</i></p> <p>[ho fa]</p> <p>Prof: <i>"Mentre l'estàs enfonsant, tu guanyes. Però quan ja estàs a baix de tot...?"</i> [dona indicacions sobre com fer-ho] <i>"sense aigua, sense que entri res d'aigua [dins del got]. Tu estàs fent una força, i l'aigua també. És la mateixa o és diferent?"</i></p> <p>B24: <i>"Jo crec que és la mateixa, no?"</i></p> <p><b>B23: Sí.</b></p> <p>B22: <i>"Ah, es la mateixa! I doncs, quan passa la seva [l'empenta], és quan s'enfonsa, no?"</i></p> <p>B24: <i>"Quanta més aigua li poses, menys és la humana i més és la de l'aigua"</i></p> <p>Prof: <i>"Ara aquí, si el got està quiet, us en recordeu d'això de l'equilibri?"</i></p> <p>B21: <i>"Ah, sí! Que hi ha equilibri."</i></p> <p>Prof: <i>"Si hi ha equilibri, cap força pot guanyar. Perquè si guanyés la teva, seguiries baixant. Però ara mateix està quiet"</i></p> <p>[silenci]</p> <p>B24: <i>"O sigui que guanyen les dues"</i></p> <p>Prof: <i>"Clar."</i></p> <p>B23: <i>"O sigui, hi ha la mateixa força a les dues. O sigui, les dues fan la mateixa força."</i></p>		<p>REV (B22, B23, B24)</p>	<p>Flot-F3</p>	<p><b>3.1.</b> <b>Qüestionament del model (Prof)</b> + <b>4.4.</b> <b>Introducció d'idees noves (Prof)</b></p>
<p>Prof: <i>Clar, tant tu empenys, tant t'empeny l'aigua, en aquest cas. Per això és manté quiet"</i></p> <p>B21: <i>"És una força en equilibri. És correcte aquest...?"</i> Està [inintel·ligible] en equilibri"</p> <p>B24: <i>"Les dues forces són proporcionals, no?"</i></p> <p>B21: <i>"Com es pot dir?"</i></p>		<p>AVA (B21, B24)</p>	<p>Flot-F3</p>	
<p>Prof: <i>"Les dues forces són iguals en magnitud. Són igual de grans"</i></p> <p>B24: <i>"L'objecte està en equilibri, això vols dir, no?"</i></p> <p>B21: <i>"Sí"</i></p> <p>Prof: <i>"Perquè l'objecte està en equilibri, sabem que les dues forces han de ser iguals."</i></p> <p>B24, B23: <i>"Vale"</i></p>		<p>REV (B23, B24)</p>	<p>Flot-F3</p>	

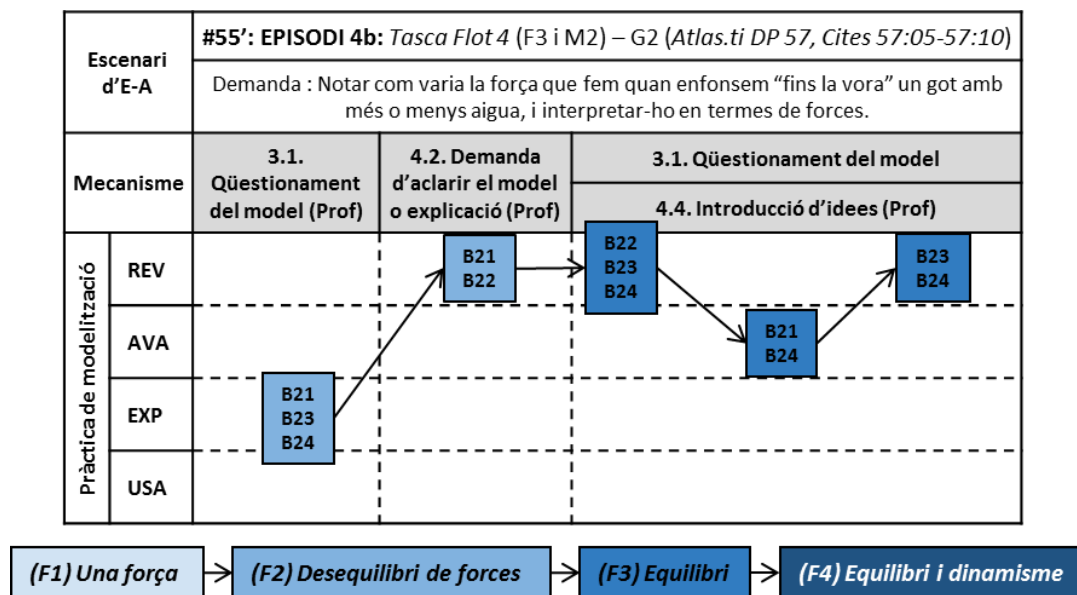
Taula 45: Transcripció i codificació de l'episodi 4b (seleccionat de la Tasca Flot 4 G2).

De manera molt similar a l'episodi 4a, aquest episodi mostra un altre cas on l'ús de mecanismes com la introducció d'idees, la demanda d'aclarir el model i el qüestionament del model per part de la professora permet una millora del model dels estudiants, en aquest cas passant d'un nivell 1 (Flot-F1) a un nivell (Flot-F3).

Capítol 5. Estudi 2. Anàlisi de la modelització, dels models i dels mecanismes

En primer lloc, la professora qüestiona el model que acaben d'utilitzar les alumnes (*Flot-F1*) just abans de començar l'episodi, demanant que ho expliquin en termes de les forces implicades i que ho facin per cadascun dels casos (amb més o menys aigua dins del got). Això fa que les alumnes comencin a parlar de dues forces en comptes de només una (*"la que faig jo i la de l'aigua"*), situant-se al menys en el nivell 2 del model (*Flot-F2*). Quan la professora demana aclarir el model (*"com són aquestes forces de grans? [...] entre elles són iguals o diferents?"*) s'evidencia que les alumnes es troben en el nivell 2, ja que tenen un model de desequilibri de forces (*"no, perquè jo tinc més força"* i *"la de la mà és més perquè venç a la força de l'aigua"*). És en aquest moment quan la professora qüestiona el model expressat, mostrant un desajust entre el fenomen i el model (*"I per què no s'enfonsa, doncs, si la teva guanya?"*) i demanant les proves que donen suport al model (*"Fes-ho [...] Tu estàs fent una força, i l'aigua també. És la mateixa o és diferent?"*). Alhora, va introduint certes idees importants en relació amb el fenomen observat (*"Mentre l'estàs enfonsant, tu guanyes. Però quan ja estàs a baix de tot...? [...] Si hi ha equilibri, cap força pot guanyar. Perquè si guanyés la teva, seguiries baixant. Però ara mateix està quiet."*) D'aquesta manera ajuda a les alumnes a interpretar el fenomen amb un model més sofisticat (*Flot-F3*) que identifica la flotabilitat dels cossos com una situació d'equilibri de forces (*"Ah, es la mateixa!", "O sigui, que guanyen les dues [...] les dues forces són proporcionals", "les dues fan la mateixa força"*).

Al gràfic #55' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 4b, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (B21-B24) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.



Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48' -#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

Discussió sobre la introducció d'idees noves

Els episodis 4a i 4b mostren que **la introducció d'idees noves pel professorat**, quan es fa de manera convenient al llarg de la discussió i va acompanyada d'altres mecanismes, **és clau per promoure l'evolució i la millora del model de l'alumnat**, fins i tot en models que poden resultar difícils com els interpretatius. De fet, en analitzar totes les discussions on es dona aquest mecanisme s'observa que en quasi tots els casos (8 de 10) fa evolucionar el model dels alumnes positivament.

Ara bé, cal destacar que en tots els episodis **la introducció d'idees es dona de manera molt directament lligada a altres mecanismes promoguts pel professor**, com la demanda d'aclarir el model, el

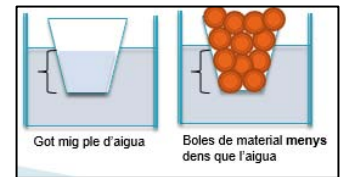
qüestionament, el destacament d'idees rellevants, l'anàlisi de la completesa del model, el re-enfocament en l'objectiu, la connexió d'aprenentatges, la demanda d'expressar el model o la promoció de la divergència. Per tant, no estem dient que una introducció d'idees noves per si sola (desconnectada de la discussió que s'està donant i d'altres mecanismes que promoguin l'avaluació i revisió del model) sigui desitjable o útil per l'alumnat, ja que llavors ens estaríem situant en una instrucció de tipus transmissiu (on el professorat dona als alumnes el model o les idees que han d'aprendre). A diferència d'això, hem vist que en una instrucció on es promou (des del propi disseny de la seqüència) que l'alumnat s'involucri en unes pràctiques de modelització riques per anar construint uns models científics clau, el rol del professor és essencial. Concretament, **la introducció d'idees noves pel professorat, just en el moment adequat** (quan l'alumnat ho necessita i/o ho demana) **i juntament amb altres mecanismes** (de qüestionament i aclariment del model), **és clau per promoure una activitat de modelització altament productiva on l'alumnat avanci en el seu model.**

#### 5.4.2.5. La demanda d'aclarir el model (per l'alumnat)

En episodis anteriors s'ha vist que la demanda d'aclarir el model és important per fer avançar el model quan ho realitza el professor conjuntament amb la introducció d'idees noves. D'altra banda, a l'anàlisi quantitatiu dels mecanismes, s'ha vist que aquest és un dels mecanismes més utilitzat per l'alumnat per engegar una activitat de modelització. A continuació analitzem de manera qualitativa un episodi on l'ús d'aquest mecanisme per l'alumnat promou una pràctica de modelització interessant, però no una modificació significativa del model.

#### Episodi 5

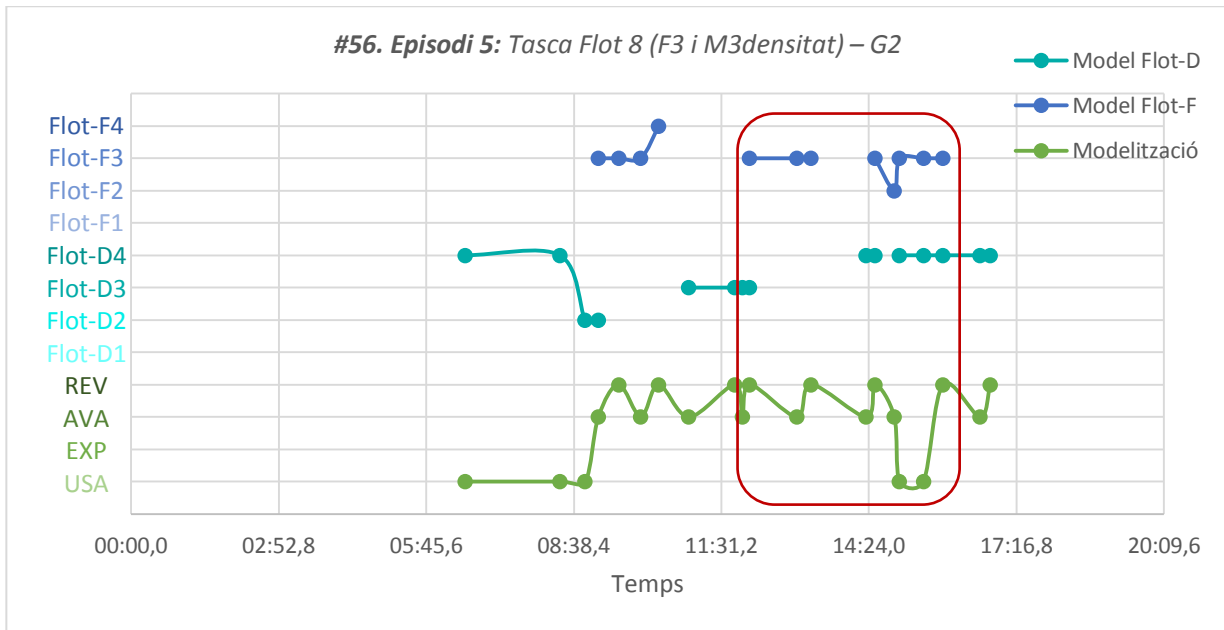
L'episodi 5 es dona a la *Tasca Flot 8* (que correspon a la fase 3 de modelització i al M3-densitat del model de flotació), on es demana a l'alumnat omplir el got amb boles de diferents materials i mesurar la massa del got amb boles i la massa del volum d'aigua desplaçat. A continuació es demana explicar a què equival el pes de les pilotes i explicar si les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua.



En aquest episodi, les alumnes del grup 2 discuteixen simultàniament en termes de densitat (Flot-D) i en termes de forces (Flot-F). Tot i que **no es dona un avanç important de cap sub-model (Flot-D o Flot-F), les alumnes s'involucren en una pràctica de modelització interessant, avaluant i revisant constantment.**

El gràfic #56 mostra el patró de variació dels sub-models de flotació (*Flot-D* i *Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G2 a la *Tasca Flot 8*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 5** està delimitada per un quadre vermell.








**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 46) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 5 (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ Episodi 5: Tasca Flot 8 del G2 (Doc 63, 63:11-63:19) <a href="#">ENLLAÇ 12:04-16:36</a>	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><b>Situació:</b> A la tasca es proposa fer l'experiment d'omplir el got amb boles de diferents materials i observar com varia l'empenta, mesurant el pes del got amb boles i del volum d'aigua desplaçat. A continuació, es pregunta: "A què equival el pes de les pilotes? Creus que les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua?" Les alumnes intenten respondre a aquesta pregunta. Després de discutir i qüestionar la diferent massa i volum entre el got ple d'aigua i el got amb boles, la discussió continua a continuació:</p> <p>B21 i B22: "Les bales són més denses que l'aigua, perquè amb menys... [...] necessitem més pes d'aigua per arribar a enfonsar... Bueno, per arribar a equilibrar forces que..."</p> <p>B21: "no necessitem més pes d'aigua"</p> <p>B22: "No, necessitem més volum d'aigua, que és menys pes que volum de caniques, saps?"</p> <p>B21: "em petarà el cap."</p> <p>B22: "O sigui, jo vull dir... que el pes d'aigua que necessitem, tot i que l'aigua sigui menys densa que el volum de caniques,..."</p>	REV (B21, B22)	Flot-D3 Flot-F3	3.1. Qüestionament del model (B21)
<p>B21: "pes d'aigua és com dir força de la gravetat"</p> <p>B22: "no, jo el que crec que s'està intentant mostrar és que el pes no va en relació amb el volum, perquè de volum hi ha més, perquè omplim tot el got, saps? En canvi amb les caniques..."</p>	AVA (B21, B22)	Flot-F3	4.3. Re-enfocament en l'objectiu (B22)

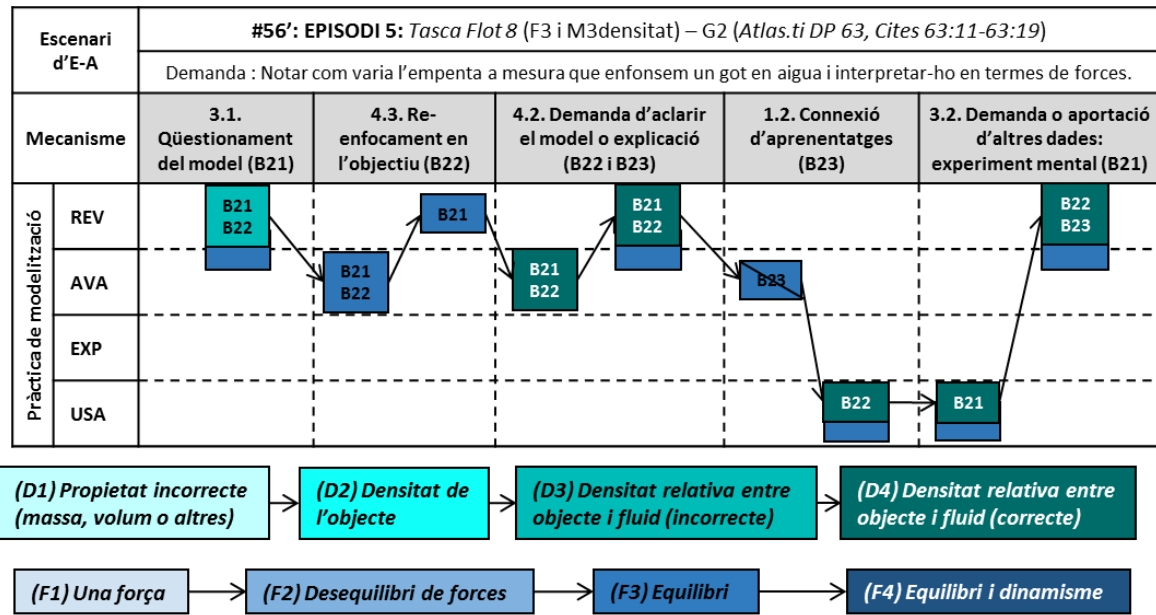
<p>B21: “El pes és el que fa que suri o no suri una cosa. Com més pes té, a l'aigua més li costa aguantar el pes d'aquell objecte, per això amb menys caniques ja se'ns enfonsa el got. Però com l'aigua pesa menys, podem omplir el got fins dalt d'aigua perquè l'empenta pot aguantar encara el pes de l'aigua. En canvi, si poses una bola de metall, com pesa molt i té molta més forç..., l'empenta no pot aguantar la força de la gravetat. Perquè la gravetat és més gran com més gran és l'objecte i més pesa. Nosaltres tenim molta més gravetat que un got de plàstic, no? Pesem més perquè la força de la gravetat és més forta en nosaltres. Llavors, la pilota de canica té més forç... se li aplica més força de la gravetat, perquè pesa més, que a l'aigua. La canica pesa més que l'aigua, per tant, amb menys caniques se'ns enfonsa també això.”</p>		<p>REV (B21)</p>	<p>Flot- F3</p>	
<p>B22: “Menys caniques però que no és més... o sigui, menys caniques i menys volum...” B21: “Bueno, perquè pesen més, clar.” B22: “Sí, sí, sí.” B23: “Són més denses o menys denses?”</p>		<p>AVA (B21, B23)</p>	<p>Flot- D4</p>	<p>4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació (B22, B23)</p>
<p>B22: “Són més denses.” B21: “són més denses segur. El fet que siguin més denses fa que sense omplir el got de boles arribem a trobar el punt d'equilibri abans. En canvi, necessitem més aigua perquè la gravetat sigui igual a l'empenta.”</p>			<p>Flot- D4 Flot- F3</p>	
<p>B23: “No ho entenc, perquè ja trobàvem l'equilibri sense que estigués tot el got enfonsat”</p>	<p>AVA (B23)</p>	<p>No Flot- F3</p>		
<p>B22: “No, perquè per equilibrar nivells, o sigui, nosaltres hem hagut de tirar... passa'm el got [Ho mostra amb el got] Nosaltres, la única manera que sabem que realment està igual igual igual... és ficar que l'aigua del cubell... del vas de precipitats gran... arribi fins aquí [fins la vora del got] Què hem necessitat? Doncs pel que fa a l'aigua hem necessitat omplir el got fins a la vora, però pel que fa a les caniques no hem arribat fins dalt de tot.”</p>	<p>USA (B22)</p>	<p>Flot- D4 Flot- F3</p>	<p>1.2. Connexió d'aprenentatges (B23)</p>	
<p>B21: “Si tu vols desplaçar només d'aigua fins aquí [meitat del got] l'omplis fins aquí [meitat del got], però potser necessites només tres caniques, o sigui que si vols enfonsar el got fins aquí [fins la vora] necessitaràs caniques fins aquí [meitat del got] en canvi d'aigua necessitaràs fins dalt. Per què? Perquè les caniques són més denses. Per tant, pesen més, per tant la seva força de la gravetat és major.”</p>		<p>USA (B21)</p>	<p>Flot- D4 Flot- F3</p>	<p>3.2. Demanda o aportació d'altres dades (experiment mental) (B21)</p>
<p>B23: “Li costarà menys desplaçar la mateixa quantitat d'aigua que la del got enfonsat. Bueno, no sé si m'entens. L'aigua necessita exactament la mateixa quantitat..., perquè l'aigua és igual de densa que l'aigua, però com les caniques</p>	<p>REV (B22, B23)</p>	<p>Flot- D4 Flot-</p>		

<p><i>són més denses, necessiten menys per desplaçar la mateixa quantitat d'aigua."</i></p> <p>B22: "Jo crec que... la cosa és: <b>desplaçar un material menys dens amb un objecte més dens és més fàcil que desplaçar el mateix material amb un de la mateixa densitat."</b></p> <p>B21: "Clar."</p> <p>B23: "I l'aigua, com que té la mateixa densitat que l'aigua, s'ha d'omplir exactament... [fins on arriba l'aigua]"</p>	<p>F3</p>	
---	-----------	--

Taula 46: Transcripció i codificació de l'episodi 5 (seleccionat de la *Tasca Flot 8 G2*)

En aquest episodi, s'observa com l'alumnat utilitza el mecanisme de demanar aclarir el model o explicació juntament amb d'altres (el qüestionament del model, el re-enfocament en l'objectiu, la connexió d'aprenentatges, i la demanda o aportació d'altres dades), i tot i donar-se una pràctica de modelització interessant, no s'observa una evolució en el seu model. Al llarg de tot l'episodi les alumnes se situen en un nivell 3 del sub-model flotació-forces (*Flot-F3*) i en un nivell 4 del sub-model flotació-densitat (*Flot-D4*), tot i que al principi sembla que es troben en un nivell inferior de densitat (*Flot-D3*), segurament perquè tot i semblar tenir la idea de densitat relativa correcta, no expressen les idees amb la terminologia adequada i barregen pes i densitat ("Les bales són més denses que l'aigua [...] necessitem més pes d'aigua per arribar a enfonsar..."). Al llarg de l'episodi les alumnes van utilitzant diferents mecanismes d'influència: el qüestionament del model ("no necessitem més pes d'aigua"), el re-enfocament en l'objectiu ("jo el que crec que s'està intentant mostrar és que el pes no va en relació amb el volum"), la demanda d'aclarir l'explicació ("Menys caniques però que no és més... o sigui, menys caniques i menys volum" i "Són més denses o menys denses?"), la connexió d'aprenentatges ("ja trobàvem l'equilibri sense que estigués tot el got enfonsat") i l'aportació d'altres dades com un experiment mental ("Si tu vols desplaçar només d'aigua fins aquí [meitat del got] l'omple fins aquí [meitat del got], però potser necessites només tres caniques"). És interessant veure com, degut a aquests mecanismes, les alumnes s'involucren en una discussió molt productiva on van avaluant, revisant i sofisticant aspectes concrets del model. Si bé és cert que en termes generals no s'observa gaire evolució positiva del model (en termes de forces, ja que en termes de densitat ja han assolit el nivell més alt), una de les alumnes que no intervenia al principi (B23) demostra no tenir clar el model en termes de densitat quan en la seva primera intervenció demana a les seves companyes aclarir l'explicació ("són més o menys denses?") i a continuació declara la seva confusió en relació als fenòmens treballats a les tasques anteriors ("no ho entenc, ja trobàvem l'equilibri sense que estigués tot el got enfonsat"). Aquestes demandes engeguen un seguit d'explicacions per part de les seves companyes que li permeten finalment aclarir les idees del model i assolir uns nivells sofisticats tant en termes de densitat com de forces (*Flot-D4* i *Flot-F3*) ("l'aigua és igual de densa que l'aigua, però com les caniques són més denses, necessiten menys per desplaçar la mateixa quantitat d'aigua").

Al gràfic #56' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 5, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (B21-B24) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.



Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48'-#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

### Discussió sobre la demanda d'aclarir el model

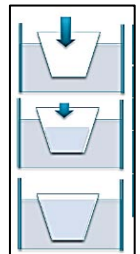
La demanda d'aclarir el model o explicació per part de l'alumnat (tot i que es doni amb altres mecanismes com el qüestionament, el re-enfocament en l'objectiu, la connexió d'aprenentatges o l'aportació d'altres dades) **no necessàriament promou una millora en el model, tot i que sí pot promoure una interessant pràctica de modelització**. Tal i com ja s'identificava en apartats anteriors (en l'aportació de noves dades i el qüestionament del model), el fet que algú del grup pugui millorar el seu model només amb la influència de mecanismes promoguts per l'alumnat és degut a que algú altre del grup ja tenia un model més sofisticat.

#### 5.4.2.6. L'anàlisi de la completesa del model (pel professorat)

L'anàlisi de la completesa del model és un altre dels mecanismes més utilitzats pel professorat que engega activitat de modelització. A l'episodi a continuació analitzem aquest mecanisme qualitativament, on s'identifica que aquesta anàlisi de la completesa serveix per reafirmar i aclarir certs aspectes del model prèviament assolit per l'alumnat.

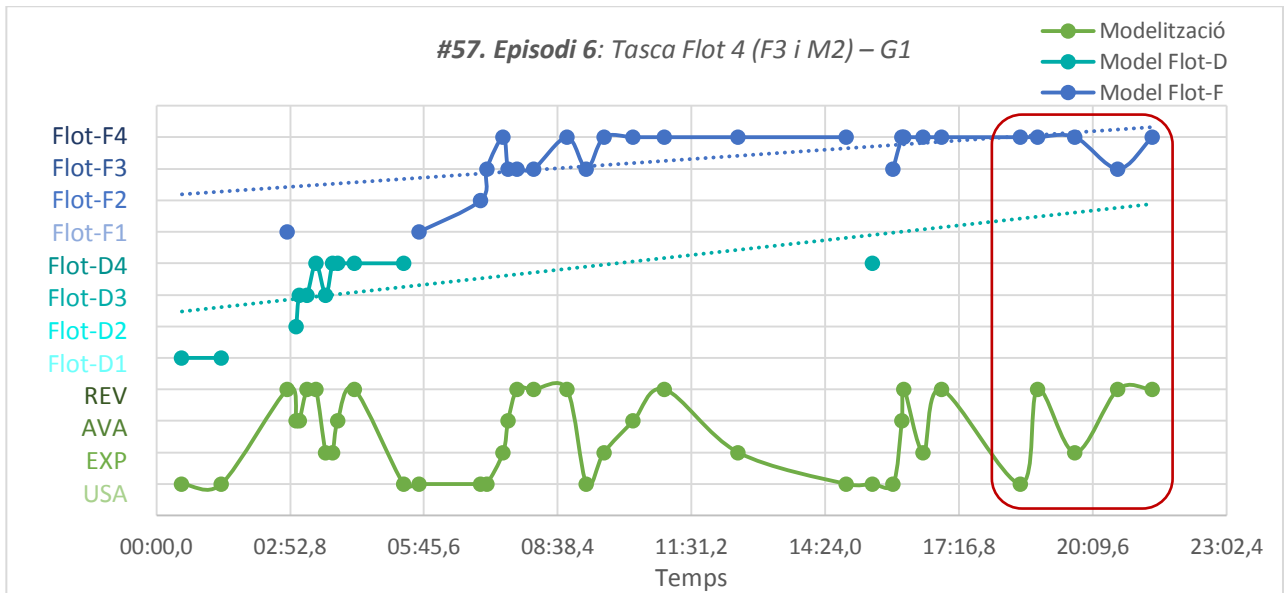
#### Episodi 6

L'episodi 6 es dona en la mateixa tasca que l'episodi 4a i 4b, és a dir, a la *Tasca Flot 4* (que correspon a la fase 3 de modelització i al M2 del model de flotació). En aquesta tasca es demana a l'alumnat notar com varia la força que hem de fer per mantenir enfonsat un got "fins la vora" a mesura que anem introduint aigua en el got, i interpretar-ho en termes de forces. A més es demana respondre a les preguntes: "Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l'aigua?", "Quin és el valor de l'empenta que fa l'aigua sobre el got?".



En aquest escenari les alumnes del grup 1 estan al final de la tasca, parlant únicament en termes de forces (*Flot-F*), i es mantenen en els nivells més sofisticats (*Flot-F3* i *Flot-F4*) que ja s'havien assolit al llarg de la conversa.

El gràfic #57 mostra el patró de variació del dos sub-models de flotació (*Flot-D* i *Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G1 a la *Tasca Flot 4*. La secció de la discussió que correspon a l'episodi 6 està delimitada per un quadre vermell.





**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 47) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 6 (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ EPISODI 6: <i>Tasca Flot 4 del G1</i> (Doc 43, 43:33-43:37) <a href="#">ENLLAÇ 18:19-21-49</a>	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><b>Situació:</b> després d'anar posant aigua dins del got i veure que cada vegada han de fer menys força amb la mà, arriben a la conclusió (amb l'ajuda de la professora) que necessiten omplir el got fins la vora per tal de no haver de fer cap força per mantenir el got enfonsat. A partir d'aquest consens, la conversa continua:</p> <p>Prof: "Tenint en compte això, la pregunta és: 'Com podries explicar quin és el valor de l'empenta? És a dir, 'a què equival l'empenta que fa l'aigua sobre el got?' Si haguéssim de dir...? ara puc mesurar, entre cometes, quant val l'empenta, perquè ho hem vist."</p> <p>C11: "El volum..."</p> <p>Prof: "El volum? De què?"</p> <p>C11: "Del got ple d'aigua."</p>	USA (C11)	Flot-F4	4.3. Re-enfocament en l'objectiu (Prof)
<p>Prof: "Del got ple d'aigua [silenci] Fixeu-vos en una cosa. Ella està comparant l'empenta, que és una força, amb el volum. És com si jo et dic: tu ets tan alta com la llibreta verda. Alta i verda no es poden comparar; són coses diferents, si? Llavors, comparem forces amb forces o volums amb volums."</p> <p>C15: "Amb el pes de... del volum d'aigua que hi ha dins del got [silenci] no?"</p> <p>C12: "Eh?"</p> <p>Prof: "Eh? Ella diu 'eh?' Aviam... a què equival l'empenta?"</p> <p>C15: "Al volum..."</p> <p>Prof: "No, al volum no, perquè hem dit que no podem comparar pesos amb volums..."</p> <p>C15: "Al pes del volum... (no? Ja és quantitat, no?) ...del volum que s'enfonsa."</p> <p>[silenci]</p> <p>Prof: "Abans ho havies dit millor i tot."</p> <p>[C15 riu]</p> <p>C11: "Al pes del volum de l'aigua submergida... que se submergeix"</p>	REV (C11, C15)	Flot-F4	4.7. Anàlisi de la completesa del model (Prof) + 4.8. Promoció de la convergència (Prof)





<p>Professora: "Si? Esteu d'acord o no?"                  C12: "No, jo és que no ho entenc."                  Prof: "No ho entén, ella. Expliqueu-li"                  C15: "És que l'empenta..."                  Prof: "Per què dieu això? Per què l'empenta és el pes del volum d'aquesta aigua que se submergeix?"                  C11: "Perquè és el pes el que fa la força... el què... el què fa la fletxeta cap a baix. Llavors el... la llargada d'aquesta fletxeta, que baixa, és la mateixa que l'empenta que li puja. Per poder-ho comparar, pues comparem el pes de l'aigua de dintre [del got]... que se submergeix, amb [fa gest amb la mà cap a dalt]... no sé si m'explico, amb l'empenta."</p>		<p>EXP (C11)</p>	<p>Flot-F4</p>	
<p>[C12 fa cara de negociació i cansament]                  Prof: "No ho sé, potser ella [C12] està cansada ara mateix. Tu què creus [referint-se a C13] hi estàs d'acord? [C13 fa cara de confusió] No gaire..?"                  C11: "mmm... jo estic una mica com ella [C12] Jo havia entès... [silenci]."                  Prof: "Vale. La pregunta l'enteneu o no? És l'important."                  [Llegeixen de nou la pregunta del dossier]                  Prof: "Quin és el valor de l'empenta? Nosaltres havíem dit: 'sí, l'empenta augmenta cada cop més, a mesura que fem més volum submergit, no? A dins de l'aigua'. Però ara et dic: ja, ja, però ara hem pogut veure que si fico tot d'aigua dins del got ja no cal que jo faci una força. Per què?"                  C13: "Perquè l'aigua ja la fa."                  Prof: "Perquè l'aigua de dins del got ja la fa."                  C13: "Ens substitueix a nosaltres"                  Prof: "Exacte. Aquesta aigua, com té un pes, ja fa aquesta força que nosaltres fem abans. Llavors, veient això, la pregunta és 'Llavors, quin és el valor de l'empenta, quan està completament submergit?'"                  C12: "Pues equival a la força que nosaltres fem..."</p>		<p>REV (C13, C12)</p>	<p>Flot-F3</p>	<p>4.8. Promoció de la convergència (Prof)                  +                  2.3. Destacament d'idees rellevants del model (Prof)</p>
<p>Prof: "Però ara ja no estic fent cap força [mostrant l'experiment], està ple d'aigua. Aquí [assenyalant el got submergit] l'empenta a què equival?"                  C13: "L'empenta..?"                  Prof: "L'empenta és la força que fa l'aigua per..."                  C13: "cap amunt?"                  Prof: "Cap amunt, clar. Ja hem quedat en la definició, no? A què equival aquesta força?"                  C12: "Al pes..."                  [La professora fa que sí amb el cap]                  Prof: "Diques, digues"                  C12: "Al pes que... ocupa no..."                  Prof: "Al pes de què?"                  C12: "Al pes de l'aigua que hi ha dins del got"                  Prof: "és el que ha dit ella [C15]"                  C13: "A vale, llavors, l'empenta ocupa el pes de l'aigua que té... que hi ha dins [del got]."                  Prof: "L'empenta la podríem... equiparar... al pes que té aquest volum d'aigua."</p>		<p>REV (C12, C13)</p>	<p>Flot-F4</p>	<p>3.1. Qüestionament del model (Prof)</p>

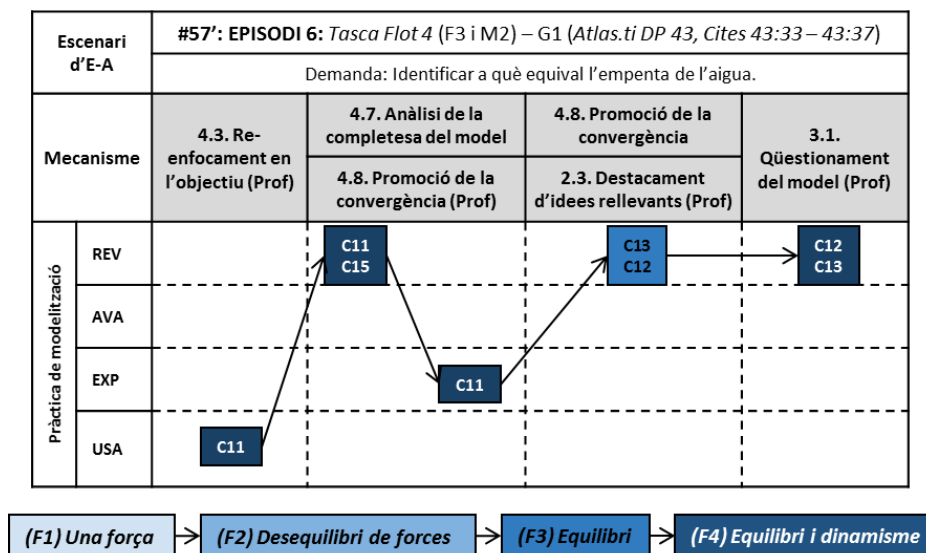
Taula 47: Transcripció i codificació de l'episodi 6 (seleccionat de la Tasca Flot 4 G1)

L'episodi 6 mostra com el mecanisme d'analitzar la completesa del model promogut pel professorat fa que les alumnes aclareixin i millorin certes idees clau o aspectes del model que ja havien assolit, en aquest cas el nivell més sofisticat en termes de forces (Flot-F4). L'episodi s'inicia quan, després d'haver arribat a la conclusió que és necessari omplir el got completament d'aigua perquè aquest es mantingui enfonsat fins la vora (sense haver de fer força nosaltres), la professora re-enfoca en l'objectiu de la tasca ("La pregunta és: 'Com podries explicar quin és el valor de l'empenta?' És a dir, 'a què equival l'empenta que fa l'aigua sobre

*el got? Si haguéssim de dir...? ara puc mesurar, entre cometes, quant val l'empenta, perquè ho hem vist"). Quan respon, l'alumna C11 mostra trobar-se en un nivell 4 del model (Flot-F4) perquè identifica que l'empenta és variable i depèn del volum submergit ("[l'empenta val] el volum del got ple d'aigua") però tot i així no té una idea clara d'aquesta equivalència. És per això que la professora utilitza el mecanisme d'analitzar la completesa del model, assenyalant la falta de pertinència de l'explicació donada ("Ella està comparant l'empenta, que és una força, amb el volum. És com si jo et dic: tu ets tan alta com la llibreta verda. Alta i verda no es poden comparar; són coses diferents, si? Llavors, comparem forces amb forces o volums amb volums"). D'aquesta manera, afavoreix que dues alumnes se situïn clarament en el nivell 4 del model, identificant clarament la naturalesa de l'empenta i parlant pertinentment ("Amb el pes de... del volum d'aigua que hi ha dins del got" i "Al pes del volum de l'aigua submergida... que se submergeix"). A continuació, la professora vol assegurar-se que la resta del grup es troba en el mateix model que les alumnes que han contestat utilitzant el mecanisme de la promoció de la convergència ("Si? Esteu d'acord o no?"). En veure que les altres alumnes no estan entenent el que s'està dient, la professora demana a les alumnes que havien contestat (C11 i C15) que relacionin els fets de manera explícita i complerta, analitzant de nou la completesa del model ("Per què dieu això? Per què l'empenta és el pes del volum d'aquesta aigua que se submergeix?"). Tot i que l'alumna C11 expressa el model de nou amb unes altres paraules ("Perquè és el pes el que fa la força... la fletxeta cap a baix. La llargada d'aquesta fletxeta que baixa, és la mateixa que l'empenta que li puja. [...] comparem el pes de l'aigua de dintre del got [...] amb l'empenta"), les seves companyes mostren expressions d'indiferència. Degut a això, la professora intenta de nou promoure la convergència ("Tu què creus? hi estàs d'acord?") i en veure que no ho tenen clar, les ajuda a enfocar la mirada, destacant les idees rellevants que han consensuat fins al moment i que cal tenir en compte ("Nosaltres havíem dit: l'empenta augmenta cada cop més, a mesura que fiquem més volum submergit, no? Però ara hem pogut veure que si fico tot d'aigua dins del got ja no cal que jo faci una força. Per què?" i "Llavors, quin és el valor de l'empenta, quan està completament submergit?"). Les alumnes responen a aquestes preguntes mostrant que es troben en un nivell 3 del model (Flot-F3), on la flotació s'explica per un equilibri de forces però no es té clara la naturalesa d'aquestes ("Perquè l'aigua ja la fa" i "equival a la força que nosaltres fem"). Intentant qüestionar el seu model, la professora assenjala l'aspecte del fenomen que no estan tenint en compte, assenyalant el comportament real del fenomen ("Però ara ja no estic fent cap força, està ple d'aigua. Aquí l'empenta a què equival?"). És en aquest moment quan les alumnes fan un salt i poden explicar amb les seves paraules i adequadament a què equival l'empenta ("Al pes de l'aigua que hi ha dins del got"), situant-se en un nivell 4 del model (Flot-F4).*

Al gràfic #57' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 6, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (C11-C15) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.





Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48'-#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

### Discussió sobre l'anàlisi de la completesa del model

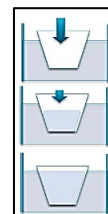
En aquest episodi s'observa que **l'anàlisi de la completesa del model fet pel professorat, combinada amb altres mecanismes, permet a les alumnes millorar aspectes concrets del model, de manera que el model ja assolit es reafirma i es fa més sòlid i complet.** Es pot donar que en situacions on algunes alumnes del grup demostrin haver assolit un domini del model, altres alumnes s'hagin quedat en versions menys sofisticades, tot i no expressar-ho. En aquest tipus de situacions, cobren molta importància altres mecanismes com la promoció de la convergència, el destacament d'idees rellevants o el qüestionament del model, que utilitzats pel professorat de manera coherent, focalitzada i en el moment adequat, poden afavorir un salt en el model de l'alumnat que s'havia quedat enrere.

#### 5.4.2.7. La promoció de la convergència (per l'alumnat)

La promoció de la convergència és també un mecanisme força utilitzat per l'alumnat. En els següents dos episodis analitzem qualitativament l'efecte d'aquest mecanisme, el qual, quan es dona de manera genuïna pot permetre reafirmar i aclarir el model assolit, però quan es dona de manera mecànica, sense un interès real de l'alumnat, no promou cap activitat de modelització interessant o productiva.

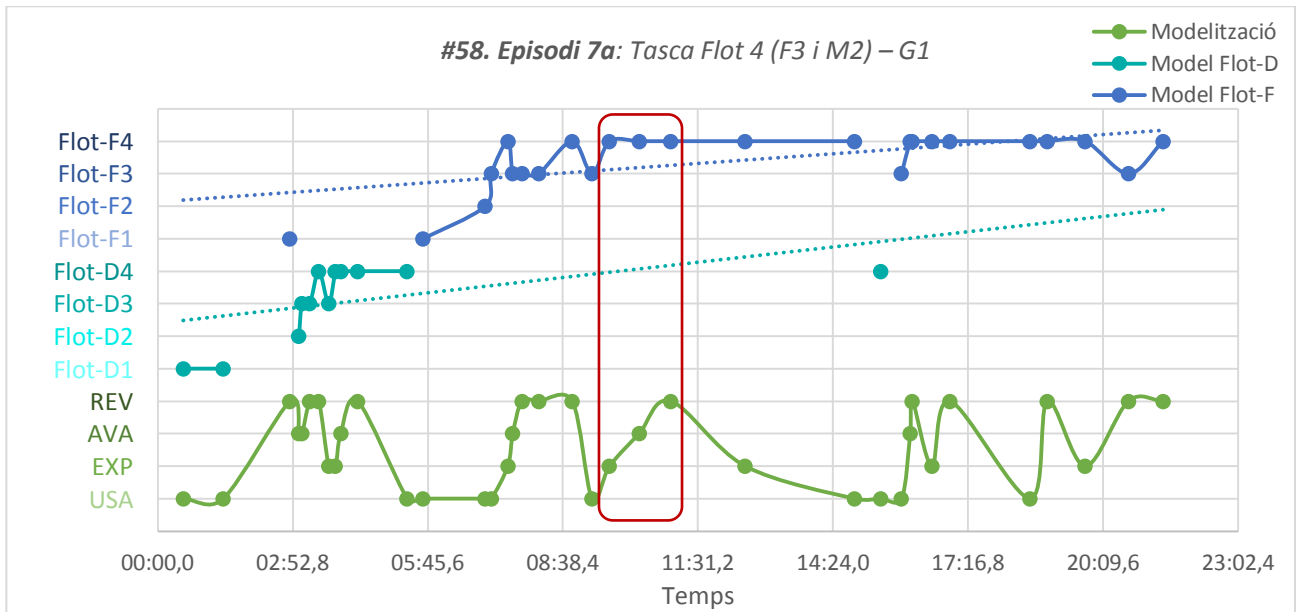
#### Episodi 7a

L'episodi 7a, de nou torna a ser la *Tasca Flot 4*, igual que a l'episodi 4a, 4b i 6. En aquesta tasca es demana a l'alumnat notar com varia la força que hem de fer per mantenir enfonsat un got "fins la vora" a mesura que anem introduint aigua en el got, i interpretar-ho en termes de forces. A més es demana respondre a les preguntes: "*Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l'aigua?*", "*Quin és el valor de l'empenta que fa l'aigua sobre el got?*".



Aquest episodi és consecutiu a l'episodi 4a, justament després que les alumnes del grup 1 hagin avançat de nivells baixos cap a nivells sofisticats del model de flotació en termes de forces (de Flot-F1 a Flot-F4). En aquest episodi s'observa que **les alumnes es mantenen en el mateix nivell (Flot-F4).**

El gràfic #58 mostra el patró de variació del dos sub-models de flotació (*Flot-D* i *Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G1 a la *Tasca Flot 4*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 7a** està delimitada per un quadre vermell.



**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 48) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 7a (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

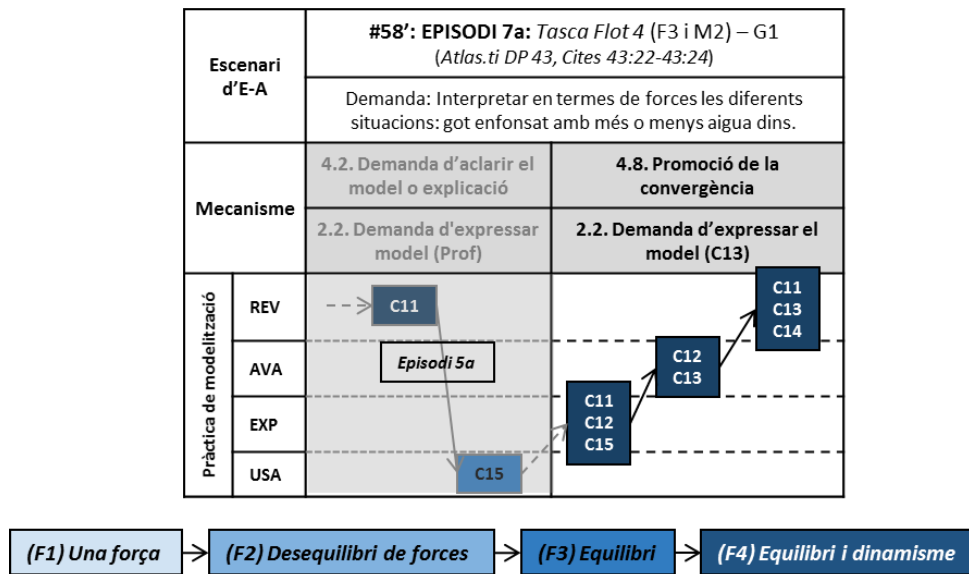
TRANSCRIPCIÓ EPISODI 7a: <i>Tasca Flot 4</i> del G1 (Doc 43, 43:22-43:24) <a href="#">ENLLAÇ</a> 09:34-11:06	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><u>Situació:</u> continua de l'episodi 5a, on les alumnes han discutit sobre la quantitat de força que han de fer en el got per enfonsar-lo, a mesura que el van omplint d'aigua. Després de consensuar que les forces estan equilibrades (<i>Flot-F3</i>) i que l'empenta és la mateixa perquè hi ha el mateix volum submergit (<i>Flot-F4</i>) la discussió continua:</p> <p>C13: <i>"Vale, però llavors com ho dibuixem?"</i></p> <p>C12: <i>"Llavors en realitat les fletxes de l'empenta seran tota l'estona les mateixes...?"</i></p> <p>C11: <i>"Sí. Jo ho posaria igual [silenci] però en el got buit, la força vindrà de a dalt del got, com si fóssim nosaltres."</i></p> <p>C15: <i>"Clar, de la mà, ve d'allà."</i></p> <p>C11: <i>"Després, amb una miqueta d'aigua hi haurà una miqueta [de força] de la mà, una miqueta de l'aigua [de dins del got]. I després, molta aigua, més [força] d'aigua i menys de mà."</i></p> <p>C13, C15: <i>"I després res de mà..."</i></p> <p>C11: <i>"i tot aigua."</i></p> <p>[Es posen a dibuixar]</p>	EXP (C11, C12, C15)	<b>Flot-F4</b>	<p><b>4.8. Promoció de la convergència</b> + <b>2.2. Demanda d'expressar el model (C13)</b></p>
<p>C13: <i>"Jo no sé dibuixar una mà..."</i></p> <p>C12: <i>"No, simplement fes la fletxa de dalt"</i></p> <p>C13: <i>"Ah vale. Sense mà, ho fas? Però és que sembla llavors que ho fa l'aire. No?"</i></p> <p>[dibuixen i comenten com dibuixar la mà]</p>	AVA (C13, C12)	<b>Flot-F4</b>	

			
<p>C11: "Jo he fet la mà"                  C14: "Jo he posat 'mà'"                  C11: "Ah, doncs mira, també"                  C13: "Clar, és que si no després sembla que sigui...[l'aire]"</p>	REV (C11, C13, C14)	Flot-F4	

Taula 48: Transcripció i codificació de l'episodi 7a (seleccionat de la Tasca Flot 4 G1)

A l'episodi 7a observem com les alumnes busquen posar-se d'acord (promovent la convergència) a través d'intentar consensuar com dibuixar les forces implicades (demanant expressar el model) ("Vale, però llavors com ho dibuixem?"). Aquesta demanda, feta de manera genuïna, és a dir, on realment les alumnes volen arribar a un consens final, permet aclarir i explicitar certes idees del model que potser no estaven prou clares ("Llavors en realitat les fletxes de l'empenta seran tota l'estona les mateixes...?" i "Jo ho posaria igual, però en el got buit, la força vindrà de a dalt del got, com si fóssim nosaltres [...] Després, amb una miqueta d'aigua hi haurà una miqueta [de força] de la mà i una miqueta de l'aigua [...] I després res de mà, i tot d'aigua"), i discutir maneres concretes d'expressar els detalls del model ("simplement fes la fletxa de dalt", "Però és que sembla llavors que ho fa l'aire. No?", "Jo he posat 'mà'", "Clar, és que si no després sembla que sigui...[l'aire]").

Al gràfic #58' es mostra l'anàlisi realitzada de l'episodi 7a, representant l'evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l'episodi, indicant qui del grup (C11-C15) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l'activitat de modelització d'aquest episodi.



Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

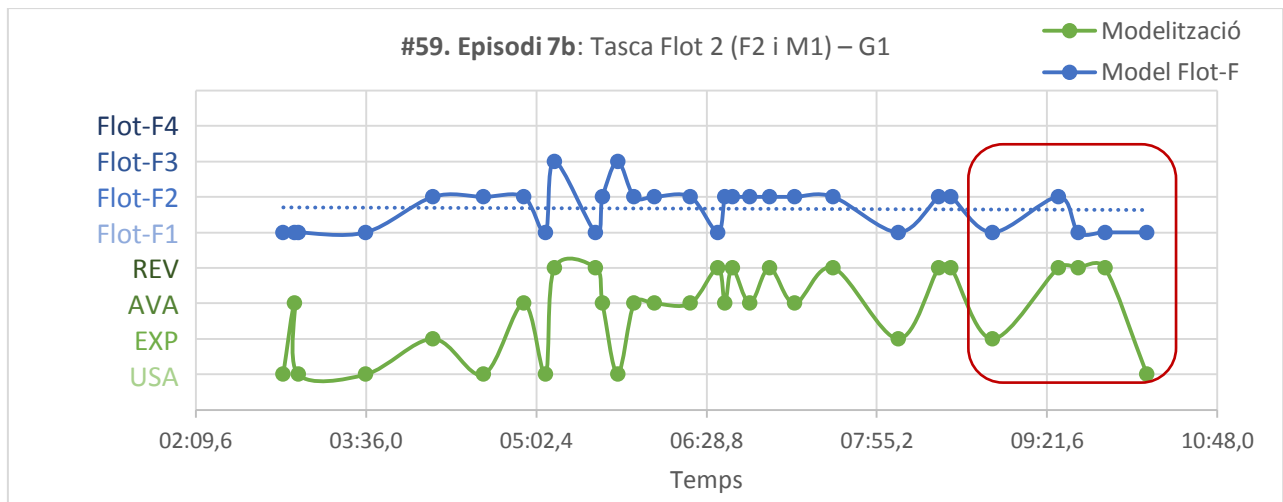
Comprèn els gràfics #48' -#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

Episodi 7b

L'episodi 7b es dona a la mateixa tasca que l'episodi 3b: la *Tasca Flot 2* (que correspon a la fase 2 de modelització i al M1 del model de flotació), on es demana a l'alumnat enfonsar un got buit en aigua ("fer un forat" a l'aigua) i notar com varia la força realitzada (i per tant l'empenta de l'aigua) a mesura que s'intenta enfonsar més el got ("En quina situació estàs fent més força?"), i interpretar-ho en termes de forces ("Com ho explicaries en termes de les forces implicades?").




En aquest episodi, que es dona al final de la conversa, **les alumnes del grup 1 se situen entre els nivells 1 i 2 (Flot-F1 i Flot-F2), acabant l'episodi en el nivell 1 (Flot-F1)**. El gràfic #59 mostra el patró de variació del sub-model de flotació (*Flot-F*) i de modelització al llarg de la discussió que té el G1 a la *Tasca Flot 2*. La secció de la discussió que correspon a l'**episodi 7b** està delimitada per un quadre vermell.



**Gràfic 12:** Patrons de variació de models i la modelització d'episodis interessants. Comprèn els gràfics #48-#59, amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis.

A continuació (Taula 49) es mostra la transcripció i anàlisi detallada de l'episodi 7b (de la pràctica de modelització, del model i del mecanisme que afavoreix l'activitat), amb imatges representatives i enllaç al vídeo en format digital (*Enllaç*).

TRANSCRIPCIÓ EPISODI 7b: <i>Tasca Flot 2</i> del G1 (Doc 55, 55:27-55:31) <a href="#">ENLLAÇ</a> 08:53-10:22	Pràctica	Model	Mecanisme
<p><b>Situació:</b> Prèviament, les alumnes han estat discutint sobre les forces que hi ha quan intentem submergir un got en aigua (Episodi 3b). Durant la conversa, les alumnes han discutit també entorn la naturalesa de l'empenta, sense arribar a explicacions clares d'aquesta. A continuació, les alumnes es disposen a respondre a la pregunta de la tasca (explicar en termes de forces el fenomen):</p> <p>C13: "Bueno, jo posaré que en tema de forces... al voltant del got... eh... <i>Posem que al voltant del got implica molta... Bé, com ho posem?</i> [silenci. Les altres companyes dibuixen] Eh?"</p> <p>C14: [riu] "Eh?"</p> <p>C11: "Jo no diria de on. 'Un gran volum d'aigua empeny cap amunt...'"</p> <p>C13: "Posem que l'aigua empeny el got cap amunt?"</p>	EXP (C11, C13)	Flot-F1	<b>4.8. Promoció de la convergència (C13)</b>
<p>C12: "Tot i que sigui molta o poca, no?"</p> <p>[C13 assenteix amb el cap]</p> <p>C11: "Més que quan..."</p> <p>C12: "Més que quan hi ha més [aigua]?"</p> <p>C11: "Més que quan està al mig [mig enfonsat]"</p>	REV (C11, C13)	Flot-F2	<b>4.2. Demanda d'aclarir el model o explicació (C12)</b>
<p>C15: "Però l'explicació de forces ara, què heu deduït?"</p>	REV (C11)	Flot-F1	<b>4.8. Promoció</b>

<p>C11: <i>“Que hi ha major resistència perquè hi ha més volum d’aigua en contacte amb el got... que l’empeny.”</i></p> <p>C15: <i>“Llavors, la [aigua] dels costats és quasi igual o més important que la que hi ha a sota...”</i> [silenci]</p> <p>C12: <i>“Com?”</i></p> <p>C15: <i>“...No?”</i></p> <p>[silenci. Es queden pensant]</p> <p>C15: <i>“D’acord...”</i> [parlant sola, la resta segueixen en silenci o dibuixant] <i>“Sí, és que una altra cosa no pot ser.”</i></p> <p>C13: <i>“Vale”</i> [dibuixen en silenci]</p>		REV (C15)	Flot-F1	de la convergència (C15)
<p>C13: <i>“Llavors...?”</i> [preguntant a C12]</p> <p>C12: <i>“Que hi ha més resistència de l’aigua aquí [el got totalment enfonsat], no?”</i></p> <p>C13: <i>“Sí...”</i></p> <p>C12: <i>“En l’últim hi ha més resistència de l’aigua, no?”</i></p> <p>C15: <i>“Sí.”</i></p>	USE (C12, C13, C15)	Flot-F1		

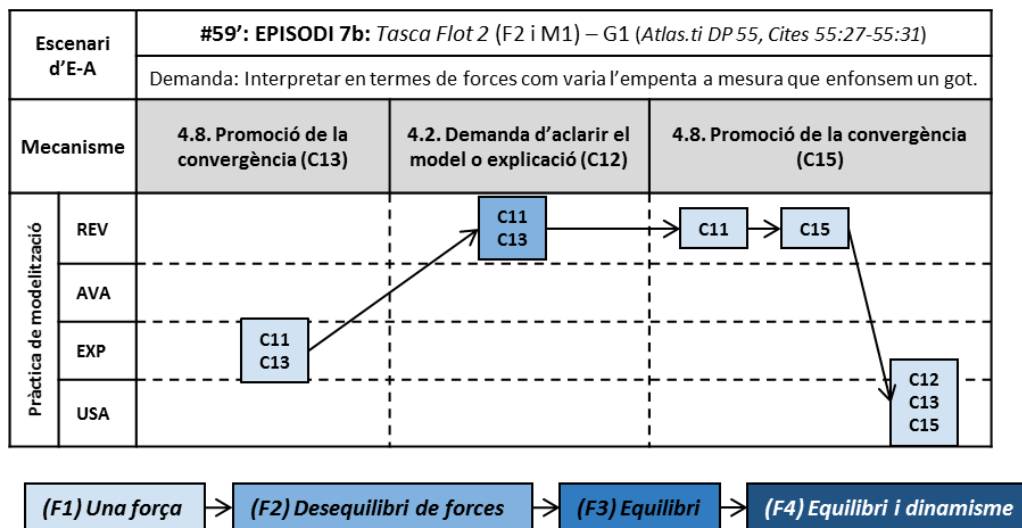
Taula 49: Transcripció i codificació de l’episodi 7b (seleccionat de la Tasca Flot 2 G1).

En aquest episodi, que es dona uns minuts més tard que l’episodi 3b, les alumnes promouen la convergència per intentar respondre conjuntament a la pregunta del dossier i demanen aclarir certs aspectes del model que no tenen clars. Tot i així, no es dona cap millora del model, sinó que tornen a un nivell 1 del model de forces (Flot-F1).

En concret, quan l’alumna (C13) promou la convergència demanant com haurien de respondre a la pregunta de la tasca (*“Posem que al voltant del got implica molta... Bé, com ho posem?”*), la seva companya (C11), conscient de les limitacions del seu model, prefereix no especificar amb la resposta (*“Jo no diria d’on. Un gran volum d’aigua empeny cap amunt...”*), parlant només d’una força que fa surar (Flot-F1). Tot i així, una altra alumna (C12) no està prou satisfeta amb donar una resposta tan general, de manera que demana aclarir el model una mica més (*“Tot i que sigui molta o poca, no? [...] Més que quan hi ha més [aigua]?”*). Aquesta demanda fa que l’alumna C11 especifiqui idees del model (*“Més [empenta] que quan està mig enfonsat”*), situant-se en un nivell 2 del model (Flot-F2) ja que té certa idea de la naturalesa variable de l’empenta. A continuació, una altra alumna (C15) torna a promoure la convergència d’idees (*“Però l’explicació de forces ara, què heu deduït?”*), potser perquè no ha estat escoltant la conversa anterior o perquè l’explicació donada no li sembla prou adequada per incloure-la com a resposta de la pregunta de la tasca. Això promou que les companyes i ella mateixa donin una explicació més detallada, la qual cosa evidencia que tenen idees d’un model molt inicial (Flot-F1), en el qual l’empenta s’atribueix a les forces laterals que fa l’aigua (*“Hi ha major resistència perquè hi ha més volum d’aigua en contacte amb el got... que l’empeny”* i *“l’aigua dels costats és quasi igual o més important que la que hi ha a sota”*). Quan l’alumna C15 demana l’aprovació de la seva explicació (*“...no?”*), les altres es queden en silenci i ella s’auto-respon de manera complaent (*“Sí, és que una altra cosa no pot ser...”*). Això ens mostra, d’una banda, que no semblen estar molt segures de la seva conclusió, però que inevitablement l’assumeixen com la definitiva perquè no tenen més recursos ni idees que els hi permetin explicar el fenomen d’una altra manera, és a dir, amb un altre model més satisfactori.

Al gràfic #59’ es mostra l’anàlisi realitzada de l’episodi 7b representant l’evolució del model (colors més o menys foscos) i la pràctica de modelització (REV-AVA) que es va donant al llarg de l’episodi, indicant qui del grup (C11-C15) es troba en aquell model i pràctica, així com els mecanismes que van engegant l’activitat de modelització d’aquest episodi.





Gràfic 13: Mecanismes d'influència didàctica en els models i la modelització.

Comprèn els gràfics #48'-#59', amb els patrons obtinguts de modelització i model en els diferents episodis

### Discussió sobre la promoció de la convergència

En analitzar totes les ocasions en les quals l'alumnat utilitza la promoció de la convergència (10 ocasions), veiem que aquest mecanisme no promou un avanç en el model. En la meitat d'ocasions s'observa que (tal i com passa a l'episodi 7a) s'aclareixen aspectes concrets del model, **de manera que aquest es fa més complet, pertinent o precís**. En l'altra meitat d'ocasions aquest mecanisme no modifica res la situació prèvia, és a dir, no té cap efecte o influència didàctica significativa (tal i com passa a l'episodi 7b). Aquests episodis mostren que **quan la promoció de la convergència és genuïna, l'alumnat completa i reafirma el seu model**. Contràriament, **quan aquesta no és massa genuïna** (perquè no hi ha un interès real d'arribar a construir un model satisfactori sinó una actitud d'acompliment de la tasca encomanada), **promoure la convergència no serveix per millorar aspectes del model**, sinó que fins i tot les alumnes es queden en les versions menys sofisticades d'aquest.

### 5.4.3. Discussió en relació als mecanismes d'influència didàctica

Després d'haver analitzat quantitativament quins mecanismes es donen amb més abundància i quins són més promoguts per les alumnes, les professores i la tasca; així com haver fet una anàlisi qualitativa dels mecanismes més abundants en diferents episodis prèviament seleccionats per ser especialment interessants didàcticament, hem pogut identificar la influència que tenen els diferents mecanismes en la promoció d'una activitat de modelització productiva.

En primer lloc, s'ha vist que la **demanda d'utilitzar el model**, el mecanisme més habitualment promogut per la tasca, pot permetre tenir una "mirada nova" cap al fenomen i promoure la revisió i sofisticació del model de l'alumnat, sempre i quan es faci en un moment clau de la seqüència.

El **qüestionament del model** per si sol (tant si el fa la tasca, el professor o l'alumne) tot i promoure l'avaluació i/o revisió d'aquest, no implica necessàriament un avanç cap a versions més sofisticades del model. Fins i tot pot comportar un retrocés del model si l'alumnat es troba amb certs reptes que no pot superar per si sol (com limitacions procedimentals o la dificultat d'interpretació de les dades). Aquest mecanisme només permetrà un avanç del model si el qüestionament es fa des d'un domini major del model (per alguna companya) o si el professorat aporta idees noves que no s'estaven tenint en compte. D'igual manera, altres mecanismes utilitzats per l'alumnat, com la **demanda o aportació d'altres dades** i la **demanda d'aclarir el model o explicació** presenten efectes similars: també promouen una pràctica de modelització rica d'avaluació i revisió del model però no la superació de les limitacions del model,



especialment si els fenòmens són difícils d'interpretar o si la idea del model és difícil. De nou s'observa que aquests mecanismes poden comportar un retrocés en el model de l'alumnat quan aquest intenta donar sentit a un fenomen del qual no comprèn el funcionament.

Això té **implicacions didàctiques** importants a l'hora de dissenyar seqüències didàctiques adequades que ajudin als alumnes a avançar en el model. En primer lloc serà necessari escollir molt bé els fenòmens o experiments paradigmàtics, de manera que no tinguin grans complicacions procedimentals que portin als alumnes a discutir molt però sense arribar a idees sofisticades del model o fins i tot a conclusions errònies, tal i com ja havíem explicat en l'apartat de resultats de modelització (5.2.). En segon lloc, sabem que el rol del professorat serà clau en un context de qüestionament del model, per tal d'enfocar la mirada i aportar idees noves en un moment tan convenient.

Si ens enfoquem en el rol del professorat, en el nostre context la professora utilitza molta riquesa de mecanismes orientats a ensenyar a pensar científicament i a la construcció d'un model científic escolar clau (com demanar aclarir el model, analitzar la seva completesa, etc.). Tot i que la tasca s'enfoca tant en modelitzar com en construir el model, la professora s'orienta sobretot a la construcció del model, especialment de les idees més difícils, i no només a modelitzar. Això ens distingeix d'altres autors que tenen propostes formatives similars però diferents, on el professor sobretot regula la pràctica de modelització i no tant el contingut (Achér & Reiser, 2010; Schwarz et al., 2009). En relació a això, hem observat que a l'alumnat li **costa més construir el model que modelitzar**, sobretot quan es tracta de models clau importants en ciències. Tot i així, cal aclarir que, a diferència d'aquests autors, en la nostra anàlisi no hem distingit diferents nivells de sofisticació de les pràctiques de modelització (per ex. una avaluació més o menys adequada), la qual cosa és una limitació d'aquest estudi i pot ser interessant investigar per saber si l'alumnat també tindria dificultats en assolir nivells més sofisticats en la modelització.

Tenint en compte, doncs, que la orientació de la professora era sobretot cap a la construcció del model, s'ha vist que el mecanisme més important per promoure una activitat de modelització productiva (on els alumnes avancin cap a versions més sofisticades del model) ha estat **la introducció d'idees noves per part del professorat**. Concretament, quan aquesta introducció d'idees es fa convenientment, en el moment adequat de la discussió (quan l'alumnat ho necessita i/o ho demana) i integrada amb altres mecanismes (de qüestionament, de re-enfocament en la tasca i de demanda d'aclariment del model), permet a l'alumnat adonar-se de la falta de correspondència o pertinença del seu model i modificar-lo coherentment, avançant cap a versions més sofisticades del model, fins i tot en models que poden resultar especialment difícils com els interpretatius.

Altres mecanismes promoguts pel professorat també s'ha vist que tenen un efecte interessant. Per exemple, **l'anàlisi de la completesa del model**, tot i no promoure un clar avanç cap a versions més sofisticades del model, permet a l'alumnat reafirmar i completar aspectes del seu model, fent-lo més sòlid i complert. L'ús d'aquest mecanisme conjuntament amb d'altres (com el destacament d'idees rellevants o el qüestionament del model) també promou que les alumnes que s'havien quedat enrere s'apropiïn ràpidament del model més sofisticat.

Aquests resultats estan en línia amb altres recerques que parlen de la **importància del professorat** per motivar als alumnes a utilitzar diferents models i a negociar els significats d'aquests amb l'alumnat (Harrison & Treagust, 2000) i recerques que destaquen com les preguntes i intervencions del professorat influeixen positivament en el procés d'aprenentatge dels alumnes (Fretz, Wu, Zhang, Davis, & Krajcik, 2002; Louca et al., 2011; Maia & Justi, 2009). Fins i tot en recerques des de marcs més indagatius (tot i que amb una perspectiva de construcció de models) se li dóna una importància destacada al professor, afirmant

que tant el professorat com l'alumnat promouen la generació i avaluació d'hipòtesis, però que és el professorat qui aporta nova informació conceptual sobre el tema (Khan, 2007).

A més, aquests resultats ens reafirmen en la idea que **per construir idees sofisticades i models clau en ciències**, així com per entendre la naturalesa del pensament científic, no n'hi ha prou amb permetre que l'alumnat experimenti i indagui amb fenòmens (Kuhn, 2010; Palincsar & Magnusson, 2001; Schauble et al., 1991) tot i que sabem que usar fenòmens paradigmàtics és un ingredient indispensable (Adúriz-bravo & Izquierdo-aymerich, 2009). Els models explicatius no es generaran espontàniament d'activitats de laboratori si l'ambient d'aprenentatge no promou i treballa de manera explícita per la construcció d'aquells models. Concretament, **per aconseguir modelitzar el fenomen**, és a dir, entendre el mecanisme que explica el fenomen en qüestió, **és necessària l'ajuda de l'expert que enfoca la mirada i aporta noves idees** que l'alumnat no pot assolir pel seu compte.

Per últim, hem vist que quan l'alumnat promou la **convergència d'idees** es pot donar un aclariment de certs aspectes del model fent-lo més complert, pertinent o precís, tot i no saltar a una versió més sofisticada del model. Això es dona només quan aquest desig de convergència és genuí. Per contra, quan no hi ha un interès real per arribar a un model millor sinó únicament per completar la tasca encomanada, aquest mecanisme no té cap efecte ni en el model ni en la modelització, i de fet es poden arribar a expressar versions menys sofisticades del model que les que s'havien expressant anteriorment.

Això ens indica la importància que té **l'interès de l'alumnat** per la tasca encomanada a l'hora d'aconseguir una activitat de modelització productiva. Ni la tasca ni de fet el professor poden promoure una activitat genuïna si els alumnes no estan realment involucrats en el fenomen, i per això és necessari que el fenomen proposat els cridi realment l'atenció i que la pregunta promogui que tinguin ganes reals d'explicar-lo, dotant així de sentit al contingut. Tal i com afirma Jiménez Bargalló, citant a Solé i Gallart (2002): *“la disposició a aprendre significativament està relacionada al sentit que li podem atribuir al contingut. Aquest, alhora, està relacionat amb els components afectius, relacionals, motivacionals i emocionals dels processos d'aprenentatge.”* (Jiménez Bargalló, 2016, p. 22).

Aquests resultats mostren com, al llarg de les diferents sessions analitzades, s'ha anat desenvolupant un coneixement compartit de les **normes de participació en ciències**, és a dir, les normes socials per participar en debats científics, qüestionar idees en base a proves, revisar i millorar els models que expliquen els fenòmens observats, construir i presentar un argument científic, etc. Ser capaç de participar en aquest tipus d'activitat també *“inclou certs hàbits de raonament, com l'adopció d'una actitud crítica, la disposició per fer preguntes i demanar ajuda, i el desenvolupament d'una confiança i escepticisme apropiat”* (NRC, 2012, p. 40). Aquests aspectes s'haurien de tenir en compte a l'hora de promoure situacions d'aula adequades on es puguin donar mecanismes d'influència didàctica realment productius.

Finalment, esmentar que una limitació de l'assignatura ha estat que no ens hem enfocat (sobretot per falta de temps) en fer una **reflexió meta-cognitiva de la modelització**. Tot i que la professora ha promogut consistentment una forma de pensar científica i en certs moments s'ha realitzat una reflexió sobre alguns aspectes didàctics (tal i com s'explica a l'estudi 1 d'aquesta tesi), aquesta reflexió no s'ha fet sistemàticament al llarg de les activitats. Una reflexió de meta-modelització de manera sistemàtica i integrada amb l'activitat de modelització promouria que les alumnes es fessin conscients de l'efecte o importància que té aquesta manera de pensar, parlar i fer en el seu aprenentatge, adonant-se, per exemple, de quan això les porta cap a un bon lloc (per exemple, a construir un model que explica més coses) o de quan una modelització és de més qualitat o de menys. Alguns autors han destacat la importància d'aquest coneixement “meta” i la necessitat de saber-ne més sobre el tema (Louca et al., 2011; Schwarz & White, 2005). De fet, creiem que aquest coneixement és especialment important pels futurs mestres, ja que sense haver reflexionat sobre com han après gràcies a la instrucció centrada en models,

difícilment podran portar-ho a terme després a l'aula amb els seus alumnes, és a dir, crear situacions d'ensenyament-aprenentatge des d'aquesta aproximació o enfocament didàctic. En aquest sentit, la introducció d'una reflexió de meta-modelització més clara i sistemàtica queda pendent pels re-dissenys de l'assignatura i per futures recerques.

## CAPÍTOL 6.

# CONCLUSIONS I IMPLICACIONS

---



## 6.1. Conclusions de cada estudi, limitacions i implicacions

Els dos estudis d'aquesta tesi inclosos als capítols 4 i 5 han presentat i discutit els resultats que responen als objectius i preguntes de recerca inclosos al capítol 3. En aquest apartat de conclusions exposem resumidament les principals contribucions d'aquest treball, en relació a cada objectiu de recerca i cada pregunta que se'n deriva, així com algunes limitacions de la recerca i implicacions didàctiques.

### 6.1.1. Estudi 1: Anàlisi de la transformació de l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals" a la formació inicial de mestres de primària

L'objectiu d'aquest estudi era analitzar la transformació realitzada a una assignatura de didàctica de les ciències experimentals a la formació inicial de mestres de primària, intentant conèixer els possibles canvis que es poden fer en una assignatura centrada en models per incorporar-hi la pràctica científica, concretament la modelització. Després de tres anys de transformació iterativa de l'assignatura, es van identificar les principals limitacions de l'assignatura i les principals alternatives de disseny proposades cada any, així com el grau de rellevància d'aquestes. Així mateix, es va fer un esforç per definir uns possibles principis de disseny més generals que fossin útils per guiar el disseny i implementació d'un curs o seqüència centrada en les pràctiques de modelització per a la construcció de models. Producte d'aquest estudi també es van obtenir uns instruments o eines que considerem útils per dissenyar seqüències de modelització per la construcció de models (un cicle de modelització), i unes idees clau del Model Científic Escolar (en concret del MCE de canvi químic i el model de flotació). A continuació presentem les conclusions i implicacions més importants referents a aquest estudi.

#### 6.1.1.1. Conclusions sobre la transformació de l'assignatura

Aquest apartat posa de relleu les principals conclusions en relació a l'objectiu 1.1. d'aquest estudi, que consisteix en analitzar el procés de transformació d'una assignatura basada en models (enfocament conceptual) a una basada en la modelització (enfocament en la pràctica).

**El procés de transformació d'una assignatura per incorporar la modelització és un procés complex.** Fer-ho iterativament ha permès tenir evidències empíriques del resultat d'aquests canvis, que ens han servit per proposar-ne de nous. Tot i que els canvis van saturant, **la modificació no s'acaba en dos cicles, sinó que requereix de més iteracions**, tal i com ja s'indica en el marc de recerca basada en el disseny (DBR Collective, 2003).

**Quan es pretén transformar una assignatura basada en models a una basada en la modelització s'ha observat que s'han de realitzar canvis tant en la perspectiva metodològica (el com) com en el contingut (el què).** Això és degut a que a més dels canvis de perspectiva metodològica (ensenyar d'una manera que els alumnes siguin agents actius en la construcció del coneixement) el professorat s'ha de replantejar el contingut a ensenyar. Això no es deu només a que les pràctiques de modelització són un contingut en si mateix de tipus epistèmic-procedimental (els alumnes han d'aprendre a participar en unes pràctiques de modelització concretes), sinó a que si volem que el contingut conceptual el construeixin els alumnes (com és d'esperar en una assignatura basada en la modelització), caldrà tenir clara i definir molt en concret la versió del model que haurien d'assolir. Això implica especificar a quin nivell, amb quin llenguatge, amb quines expressions volem treballar el model i establir un ordre adequat de les idees clau per anar-les treballant seqüencialment.

Conclusions sobre la rellevància de les limitacions i l'evolució al llarg de la transformació de l'assignatura

**Els resultats mostren una lleu reducció de la rellevància de les limitacions identificades entre el primer i segon any, mostrant una evolució positiva però molt demandant de la transformació de l'assignatura.**



**En la transformació d'una assignatura dirigida a modelitzar per construir models científics clau, els canvis dirigits a superar les limitacions d'alta rellevància didàctica van anar orientats no només a promoure la modelització (pràctica) sinó també al replantejament dels models (conceptes).** Tot i que l'assignatura ja s'enfocava als models científics clau, i el primer any es van fer canvis bàsicament per promoure la modelització, aquests no van produir els resultats desitjats fins que es van canviar de coherentment amb els models.

**L'equip de recerca i l'equip docent van aprenent del propi procés,** de manera que en cada nou cicle d'iteració són capaços d'identificar limitacions més sistèmiques o d'un grau d'importància major, proposar canvis més profunds i atrevir-se a modificar més sessions.

#### Conclusions sobre els principis de disseny

**Els principis de disseny extrets dels canvis introduïts a l'assignatura s'agrupen en 3 dimensions:** la dimensió didàctica (meta-reflexió), la dimensió conceptual (models) i la dimensió pràctica (modelització).

- Els principis de disseny enfocats en la **meta-reflexió didàctica**, tot i ser els menys profunditzats en aquest treball, són especialment rellevants en els contextos de formació inicial del professorat. Aquests principis consisteixen en 1) promoure la reflexió explícita sobre models (què són, perquè treballem per models, etc.), 2) promoure la reflexió explícita sobre modelització com a pràctica científica (què és modelitzar, què implica aprendre modelitzant, etc.), i promoure la reflexió explícita entorn l'activitat científica escolar de modelització com una aproximació didàctica adequada.
- Els principis de disseny enfocats en els **models** (què ensenyar) són importants quan ens volem replantejar el com ensenyar. Consisteixen en: 1) definir les idees clau del model científic escolar on es vol arribar en ordre de dificultat, 2) dissenyar tasques explícitament enfocades a construir-les i 3) dissenyar la seqüència didàctica seguint l'ordre de les idees clau.
- Els principis de disseny enfocats en la **modelització**, són clau si es vol promoure que siguin els propis alumnes els qui construeixen el seu coneixement. Aquests principis consisteixen en: 1) seleccionar fenòmens i experiments paradigmàtics i assequibles per treballar cada idea del model, 2) dissenyar la seqüència didàctica seguint el cicle de modelització proposat (instrument didàctic presentat a l'apartat 4.4.1.) i 3) demanar l'expressió explícita i detallada del model en diferents moments de la seqüència.

#### 6.1.1.2. Limitacions i implicacions didàctiques de l'estudi 1

Aquest apartat posa de relleu les principals limitacions i implicacions didàctiques en relació a l'objectiu 1.2. d'aquest estudi, que consisteix en dissenyar instruments per promoure la modelització i la construcció de dos models científics escolars concrets.

#### Limitacions didàctiques

**Una possible limitació identificada en la proposta formativa és la manca de regulació i avaluació del procés de modelització.** Com a docents, en el disseny i la implementació hem regulat i avaluat els models (quina versió dels model tenen els alumnes) però en canvi no hem fet el mateix per la modelització (quina expertesa mostren al modelitzar). Potser caldria fer una feina en aquesta direcció, tal i com han apuntat altres autors que només es fixen en la modelització (Schwarz & White, 2005; Schwarz et al., 2009), regulant els alumnes cap a una pràctica de modelització més sofisticada o adequada (p. ex. dient-los que per avaluar el model han de tenir en compte totes les proves obtingudes i no un detall del fenomen). Tot i així, **no sabem fins a quin punt és possible ensenyar un model clau (que ja demostra ser complex) i alhora**

**ensenyar i avaluar el procés de modelització adequadament i de forma explícita.** És una pregunta oberta que proposem per a futures recerques.

**Considerem també una limitació contextual de la proposta formativa que no es pugui incloure a l'assignatura una reflexió didàctica sistemàtica** (i lligada a la pròpia activitat de modelització) sobre la proposta de instrucció centrada en models que fem servir. Tot i que l'assignatura pretén que els alumnes adquireixin un coneixement del contingut i també didàctic, el fet que aquests alumnes no hagin participat prèviament en cursos centrats en el contingut científic fa que a l'assignatura es prioritzi l'objectiu conceptual. Si bé creiem que experimentar aquesta proposta (com es fa a l'assignatura) és un pre-requisit per entendre i poder utilitzar aquesta aproximació didàctica com a futurs docents, a nivell didàctic segurament no és suficient<sup>23</sup>. Caldria, doncs, promoure entre els futurs mestres aquesta reflexió didàctica explícita per tal que relacionin com han après a l'assignatura amb com esperem que ensenyin en el futur (Martínez-Chico et al., 2014; Martínez-Chico, 2013; Osborne, 2014), per exemple, compartint el cicle de modelització després de participar en una seqüència d'aquest tipus, diferenciant els models del contingut fragmentat, etc.

**Per últim, considerem una limitació també el fet que no s'hagi fet una reflexió epistemològica explícita i sistemàtica**, tot i que sí anecdòticament en certs moments quan s'ha considerat necessària. Tal i com afirmàvem al marc teòric, encara que creiem que no té sentit ensenyar als futurs mestres el concepte de pràctica científica com un contingut en sí mateix, sí creiem necessari incloure, de manera integrada a allò que es fa a l'aula, una reflexió epistemològica per tal que els futurs mestres de primària tinguin una visió de la naturalesa de les ciències més adequada (Akerson et al., 2000; Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2012; Harrison & Treagust, 2000; Schwarz & White, 2005).

#### Implicacions didàctiques generals

Per dissenyar una proposta formativa pels mestres de primària orientada a promoure la modelització i els models, han resultat instruments adients i útils **un cicle de modelització per seqüenciar les activitats i una definició dels MCE per concretar el contingut conceptual.**

- En base al cicle de modelització i les idees clau dels MCE s'han dissenyat iterativament unes **seqüències didàctiques** pel model de canvi químic i el de flotació (Veure Annex 3) que produeixen bons resultats d'aprenentatge dels models científics escolars (Veure Estudi 2).

Orientar el procés de recerca i disseny des de la perspectiva de la Recerca Basada en el Disseny implica que tant els constructes obtinguts i utilitzats pel disseny (un cicle de modelització per seqüenciar les activitats i una definició dels MCE) com els productes del disseny (les seqüències didàctiques) s'han millorat iterativament. En conseqüència, han demostrat bons resultats però continuen tenint marge de millora.

- En aquest sentit, anticipem que els resultats de l'estudi 2 mostren que s'han obtingut millors resultats amb la seqüència de flotació que amb la de canvi químic. Creiem que això no només es deu a que la seqüència de flotació s'ha fet més tard en l'assignatura (de manera que els alumnes estan més acostumats a treballar d'aquesta manera), sinó que també pot ser degut a que s'ha realitzat una millor definició de les idees del MCE, una millor elecció dels fenòmens paradigmàtics i un disseny més acurat de les tasques (preguntes, demandes, etc.) per treballar cada idea del MCE. Creiem que, degut al nostre aprenentatge al llarg del procés i el major domini del contingut, en el

---

<sup>23</sup> Com a part d'aquesta recerca es va dissenyar i implementar un qüestionari final on es demanava a l'alumnat reflexionar sobre aspectes didàctics de la formació rebuda. Els resultats d'aquesta anàlisi, tot i no haver-se inclòs en aquesta tesi, sí s'han publicat en congressos de l'àmbit, i mostren com els alumnes s'han adonat de la metodologia usada a l'assignatura (100% de l'alumnat) i com la majoria d'ells declaren que usarien metodologies similars en les seves futures classes (85% del total). (Garrido & Couso, 2015).

model de flotació s'ha pogut fer tot això de manera més lligada i coherent que en el model de canvi químic.

#### Implicacions didàctiques del cicle de modelització

**El cicle de modelització proposat és una versió del cicle d'aprenentatge aplicat a la modelització i inclou una doble estructura que s'ha mostrat d'utilitat en el disseny de seqüències didàctiques de modelització per a construir models científics escolars clau.** Aquesta doble estructura inclou l'**objectiu didàctic** (allò que volem que facin els alumnes), i les **fases de la seqüència instruccional** (allò que ha de fer el professorat per promoure-ho). Tot i que la majoria d'autors utilitzen o proposen cicles de modelització molt similars, el fet de centrar-se només en l'objectiu didàctic considerem dificulta la seva utilització no només com a eina de recerca sinó també en el disseny curricular<sup>24</sup>.

**L'aplicació d'aquest cicle de modelització al disseny de seqüències didàctiques concretes evidencia la necessitat d'una certa flexibilitat en l'aplicació de les fases.** Quan el cicle s'aplica a les idees concretes del model, aquest es deforma lleugerament, apareixent mini-cicles per treballar cada idea del model. Si bé considerem adequat que es mantingui fixe l'inici i el final del cicle (fase 1 d'ancoratge en el fenomen i fase 6 d'aplicació) i l'ordre entre les fases (expressió/ús abans d'avaluació; avaluació i revisió abans de consens,...), les fases intermèdies (fase 2, 3 4 i 5) poden ser més o menys explícites, adaptant-se al grau de complexitat de cada idea del model que es vulgui treballar (repetint-se o no totes les fases en cada mini-cicle).

#### Implicacions didàctiques dels Models Científics Escolars (MCE) i les idees clau en progressió

**La redacció en forma d'idees clau de cada Model Científic Escolar i la seva seqüenciació en un cert ordre possibilita fer un disseny instruccional on són els propis alumnes qui construeixen els models progressivament.**

**L'expressió de la versió del Model Científic Escolar que volem que tinguin els alumnes en un moment o nivell determinat (el MCE apropiat), construït a partir de la integració de les idees clau, s'ha mostrat de gran utilitat pel disseny instruccional i l'avaluació del model.**

- Quan són els alumnes qui construeixen el model (de nou) i no el professor qui comparteix un model amb els alumnes, **la redacció de les idees clau en ordre** permet treballar-les progressivament i anar assolint aspectes del model poc a poc. Fer-ho (deconstruir el contingut científic i transposar-ho en forma de idees clau ordenades a un nivell determinat) implica un **procés de reconstrucció educativa profund** (Duit et al., 2012), pensant en quina és la redacció més adient, el llenguatge més adequat per aquell nivell, el fenomen paradigmàtic a utilitzar, etc. En l'estudi 1 hem comprovat que introduir canvis només metodològics (el com) sense canviar el contingut (el què) no funciona, i que fins que no hem tingut clares les idees del MCE, les activitats no estaven ben dissenyades.
- Tot i que és una limitació de la recerca no haver analitzat en concret el paper del professorat, com a docents participants a l'assignatura hem constatat la seva utilitat tant de la versió del MCE com de la seqüenciació en idees clau del mateix per guiar la intervenció que fa el professorat durant la sessió.

<sup>24</sup> En presentacions públiques d'aquest cicle hem constatat que per alguns autors no es considera tant necessari seqüenciar amb una eina fixa com un cicle de modelització per ensenyar als futurs mestres a modelitzar (Achér, 2016). Si bé coincidim amb aquest autor en que per fer participar als alumnes d'unes pràctiques de modelització genuïnes probablement no cal seguir un cicle de modelització concret, la nostra experiència és que **quan la modelització està centrada en construir uns models científics clau**, on les idees del model no són fàcils de construir per l'alumnat, **aquest cicle d'aprenentatge és útil per ajudar a construir cada idea del MCE clau en progressió**. És una discussió interessant en didàctica de les ciències en la qual ens agradarà seguir contribuint-hi.

## 6.1.2. Estudi 2: Anàlisi de la modelització, els models i els mecanismes d'influència didàctica en la formació inicial de mestres de primària

L'objectiu d'aquest estudi consisteix en conèixer en detall, profunditat i en el "durant" (mentre s'estan donant) les pràctiques de modelització en les quals s'involucren els futurs mestres de primària i l'evolució en el seu domini dels models quan participen com a alumnes d'una seqüència didàctica especialment dissenyada per promoure això. Per fer-ho, vam escollir com a context d'estudi les sessions de l'assignatura que més s'havien modificat iterativament durant dos cursos (Estudi 1 d'aquesta tesi) i vam analitzar les discussions d'aula a un nivell molt profund i concret, tant qualitativament com quantitativament. Per últim, volíem conèixer quins eren els detonants o mecanismes didàctics que promouen canvis en la pràctica de modelització o en els models, amb la intenció no només d'aportar noves idees o implicacions per la recerca, sinó també implicacions pràctiques per la comunitat docent. En aquest apartat presentem les conclusions i implicacions més importants referents a aquest estudi, ordenades per objectiu de recerca.

### 6.1.2.1. Conclusions sobre modelització

Aquest apartat posa de relleu les principals conclusions en relació a l'objectiu 2.1. d'aquest estudi, que consisteix en identificar les pràctiques de modelització en les quals participa l'alumnat del grau de primària.

#### Conclusions sobre l'evolució de la participació dels futurs mestres en les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència instruccional

Quan els alumnes participen d'una instrucció centrada en l'activitat científica escolar (ACE) de modelització, aquests **s'involucren en quatre pràctiques de modelització: usar, expressar, avaluar i revisar el model.**

- El fet que totes les pràctiques proposades des del nostre marc teòric (expressió, us, avaluació i revisió) s'evidencien en les accions i discursos dels alumnes ens permet concloure que **aquesta és una bona categorització de la pràctica científica de modelització** en contextos de treball en grup per modelitzar fenòmens paradigmàtics reals.
- **L'expressió del model**, tal i com l'hem definida (expressió de caràcter abstracta o general, allunyada del fenomen d'estudi), **és una pràctica que apareix** en els nostres resultats i que altres autors no semblen reconèixer (Achér & Reiser, 2010; Baek et al., 2011; Berland et al., 2015; Campbell & Oh, 2015; Clement, 2008b; Khan, 2007; Louca et al., 2011; Schwarz et al., 2009). Considerem que pot ser degut a que engloben l'expressió sota altres termes com la generació o construcció del model.
- **Els alumnes s'involucren sobretot en usar i revisar el model, mentre que les pràctiques d'expressió i avaluació ocupen menys proporció de temps a la discussió.** Des de la nostra perspectiva, això no vol dir necessàriament que l'alumnat no s'involucri massa en aquestes pràctiques, ja que probablement sí ho fa però de manera implícita (internament o mentalment), sense explicitar-les a les discussions, tal i com suggereixen els autors que parlen dels models mentals (Gutierrez, 2005; Kuhn, 2010).
- **En seqüències més ben dissenyades** (en el nostre cas la seqüència de flotació) **hi ha una major participació dels alumnes en les pràctiques d'avaluació i revisió del model.** Aquestes pràctiques impliquen un alt nivell cognitiu i són indispensables si volem que siguin els propis alumnes els qui construeixen el seu model. Això assenyala la importància a la qualitat del disseny.

**En el context de l'Activitat Científica Escolar, els alumnes s'involucren en totes les pràctiques de modelització (usar, expressar, avaluar i revisar el model) en totes les fases de la seqüència instruccional.**

- **Independentment que l'objectiu didàctic d'una fase de la seqüència instruccional sigui una pràctica concreta** (ex. revisar el model a la fase 4) **els alumnes avancen en la construcció del**

**model participant de totes les pràctiques contínuament** (ex. també expressen, usen i avaluen el model a la fase 4). Aquests resultats estan en línia amb els resultats obtinguts per Louca i Zacharia (2015), però a diferència d'ells no creiem que això impliqui que algunes fases del cicle no són necessàries, sinó que **la modelització és un procés molt més dinàmic i complex** d'allò que es pot interpretar de la literatura de l'àmbit.

- **A cada fase on es demana una pràctica en concret, els alumnes hi dediquen prou temps a aquella pràctica, tot i que no necessàriament és la més realitzada.** Un cas extrem és a **la fase d'avaluació del model, on l'alumnat de vegades avalua sorprenentment poc.** Això es pot atribuir a un problema de disseny que caldria millorar o a que els alumnes no necessiten avaluar perquè senten que ja tenen prou informació en haver avaluat en fases anteriors, tal i com s'ha suggerit en estudis previs (Louca & Zacharia, 2015).
- **El temps dedicat a cada pràctica depèn dels alumnes,** ja que s'ha vist que un grup d'alumnes hi dedica més temps a utilitzar el model i l'altre grup hi dedica més temps a avaluar-lo i revisar-lo. Com les pràctiques d'avaluació i revisió són les de més alt nivell cognitiu, seria important aprofundir en quines són les característiques del grup que les promouen.

**L'evolució de les pràctiques de modelització al llarg de la seqüència segueix una tendència coherent amb el cicle instruccional. Tot i la participació en totes les pràctiques en totes les fases de la seqüència, la tendència és a anar augmentant la revisió del model i disminuint l'ús d'aquest.**

- **Això mostra un pas progressiu d'una discussió més arrelada al context concret (usar el model) a una més abstracta (revisar el model),** fins al punt que l'alumnat no necessita usar el model quan es troba en les fases més abstractes de la seqüència. Seria interessant analitzar la fase d'aplicació del model (fase 6), una fase més concreta, on seria esperable veure de nou l'aparició d'aquesta pràctica.

**La participació en les diverses practiques de modelització i la seva evolució depèn de la qualitat del disseny i de les característiques de l'alumnat,** i no tant del tema o model que es vulgui treballar.

- Hem observat que en les seqüències millor dissenyades (en el nostre cas la seqüència de flotació), l'alumnat participa més en les pràctiques més importants (avaluar i revisar) i segueix més la tendència del cicle instruccional (augment de la revisió i disminució de l'ús). Aquesta tendència és encara més explícita per alguns grups d'alumnes.

Conclusions sobre els patrons de modelització que es donen en les discussions entre els futurs mestres en cadascuna de les fases

**Els patrons de variació de la pràctica de modelització que fa l'alumnat dins de cada fase no són cíclics ni ordenats, sinó que mostren una evolució complexa i dinàmica.**

- **Això està en contradicció amb resultats d'altres autors que identifiquen un ordre concret en el procés de modelització dels alumnes.** En concret, alguns autors parlen de la identificació de cicles iteratius GEM (generació-avaluació-revisió) en el procés de modelització dels estudiants (Clement, 2008b; Khan, 2007). En el nostre estudi no observem que la modelització es desenvolupi sempre en cicles iteratius (ex. usar/expressar-avaluar-revisar), tot i que sí que s'observen alguns patrons interessants. Aquesta manca d'iterativitat ordenada ja l'han observat altres autors (Louca & Zacharia, 2015), que parlen d'una participació en les pràctiques que va endavant i en darrere sense cap ordre.

**S'han identificat alguns patrons concrets que són dependents de la fase de la seqüència i del grup però independents del model** (és a dir, del contingut).

## Capítol 6. Conclusions i Implicacions

- **En iniciar una nova tasca, majoritàriament els alumnes inicien la conversa amb les pràctiques d'expressar i/o usar, i continuen amb les pràctiques d'avaluar i revisar.** Això ens mostra que es dona una certa tendència a seguir el cicle de modelització a l'inici de cada tasca.
- **Un patró interessant que apareix en diversos moments és el d'involucrar-se en cicles iteratius d'avaluació i revisió.** Aquest patró apareix en qualsevol fase de la seqüència i és més comú en un grup que en l'altre. Considerant que la revisió involucra una expressió més sofisticada del model, aquest patró ens recorda al cicle de generació-avaluació-revisió (GEM) (Clement, 2008b; Khan, 2007). En línia amb els autors Louca i Zacharia (2015), associem aquest patró o cicle d'expressió-avaluació-revisió a més expertesa en la modelització.

### 6.1.2.2. Conclusions sobre models

Aquest apartat posa de relleu les principals conclusions en relació a l'objectiu 2.2. d'aquest estudi, que consisteix en analitzar la variació del domini dels models de canvi químic i flotació dels futurs mestres.

[Conclusions sobre les progressions d'aprenentatge empíriques dels models de canvi químic i flotació](#)

**Les progressions d'aprenentatge empíriques identificades** (els nivells de progressió del model en els quals es troben els futurs mestres de primària) **són diferents de les idees clau del model científic escolar objecte d'aprenentatge** (les idees del model que anem treballant a classe). És a dir, tot i que en el disseny instruccional les idees del MCE es treballen en profunditat i una a una, els alumnes apliquen una versió més o menys sofisticada del model en global des de l'inici.

**Les progressions ens permeten identificar quines són les idees més importants del MCE que guien l'evolució del model dels alumnes i que corresponen a la fita superior a assolir.** En el cas del model de canvi químic, les fites a assolir són distingir la conservació o no de la substància (pel model descriptiu) i comprendre la diferència entre el canvi de disposició de les partícules vs. la recombinació interna de les partícules (pel model interpretatiu). En el cas del model de flotació, les fites a assolir són atribuir la flotació a la densitat relativa (pel model descriptiu) i identificar l'equilibri dinàmic de les forces entenent la naturalesa del pes i l'empenta (pel model interpretatiu).

[Conclusions sobre l'evolució del model dels futurs mestres al llarg de la seqüència instruccional](#)

**Participar en una activitat científica escolar de modelització permet als futurs mestres anar evolucionant positivament en tots els MCE analitzats,** és a dir, els futurs mestres són capaços de progressar cap a versions més sofisticades dels models, trobant-se cada vegada més a prop del model científic escolar (MCE) apropiat o desitjat.

- **Hi ha uns moments clau en la seqüència on els alumnes fan salts importants cap al següent nivell del model.** Aquests salts es donen en dos tipus de tasques: en tasques que treballen idees importants del model en el context experimental d'un fenomen paradigmàtic i en tasques avaluable que demanen l'aplicació de totes les idees del model prèviament treballades.
- **L'avanç cap a versions més sofisticades del model és molt més clar i ràpid en els models descriptius** (ex. flotació en termes de densitat) **que en els models interpretatius** (ex. flotació en termes de forces), **on l'evolució és més lenta i no és tan evident.** D'una banda, això ja s'ha trobat en recerques prèvies (Hernández et al., 2015) i ens mostra que per l'alumnat són més difícils els models interpretatius i que per tant caldrà més temps i esforços per assolir-los que en el cas dels models descriptius. D'altra banda, ens indica que la distinció entre aquests dos tipus de models no considerada en les revisions de models més conegudes (Gilbert & Boulter, 2000; Gutierrez, 2014; Oh & Oh, 2011) és important perquè té un efecte en l'aprenentatge dels alumnes.



**L'evolució individual mostra avanços i retrocessos en la versió del model diferents per cada alumna**, és a dir, el camí d'aprenentatge del MCE de cada alumna és diferent.

- **El grup de treball afecta molt a aquesta evolució.** S'ha observat que en un grup es dona una major coherència en l'avanç del model i un major assoliment del MCE que en l'altre, sent aquesta diferència més gran en models interpretatius i independent de la presència d'un rol de líder. Els resultats semblen indicar que hi ha una relació entre les pràctiques de modelització pròpies de cada grup i l'evolució dels models, que presentem a les conclusions transversals entre modelització i models.

#### Conclusions sobre els patrons de variació del model

**Dins de cada tasca de la seqüència, el nivell del model de cada grup avança i retrocedeix contínuament, apareixent nivells superiors del model que després no s'observen en el document o discussió final.** Això ens indica que els models dels alumnes no són robustos i estables en el temps, sinó que es veuen afectats per factors contextuals, com el fenomen que s'estigui intentant explicar, la pregunta que es vol respondre, el comentari o opinió donada per companys, etc. Aquests resultats estan d'acord amb aquells autors que consideren els models mentals dels alumnes són dependents del context (DiSessa, 1988; Hrepic, 2000).

En general, **la tendència d'evolució dels models dels alumnes a dins de cada tasca de la seqüència instruccional és positiva, tot i els freqüents retrocessos cada vegada que s'inicia una tasca.**

- De manera molt interessant, **en iniciar cada nova tasca** (és a dir, amb cada nou fenomen o demanda) **els grups retrocedeixen a versions menys sofisticades del model.** Això no els impedeix avançar en el model, sinó que **aquest retorçes sembla necessari per avançar després cap a versions més sofisticades d'aquest.** De fet, els alumnes aprenen perquè al llarg de cada tasca mostren alguna versió del model més sofisticada que la que tenien a l'inici.

#### 6.1.2.3. Conclusions sobre mecanismes d'influència didàctica

Aquest apartat posa de relleu les principals conclusions en relació a l'objectiu 2.3. d'aquest estudi, que consisteix en identificar els mecanismes d'influència didàctica que promouen una activitat científica de modelització a l'aula.

#### Conclusions sobre els mecanismes d'influència didàctica que es donen i sobre qui els promou

A les discussions d'aula que es donen a una proposta ACE s'han identificat una **gran varietat de mecanismes d'influència didàctica orientats a promoure una activitat científica per a la construcció de models.**

- **La majoria de mecanismes són específics d'alguna pràctica de modelització**, mentre que pràcticament no hi ha mecanismes generals com seria "connectar aprenentatges".
- **Es necessiten utilitzar moltes més vegades estratègies didàctiques per promoure l'avaluació i la revisió de models** (30% i 48% respectivament), **que per promoure l'ús i expressió dels models** (17%). Això no és sorprenent i està en línia amb la idea de que pels alumnes és més difícil involucrar-se en pràctiques d'avaluació i revisió, i per tant necessitaran de més mecanismes que les promoguin.
- **De l'àmplia varietat de mecanismes que s'han identificat (17), la majoria d'ells promouen la revisió del model** (9). El fet que els mecanismes que enguinen la revisió del model siguin tan diversos i abundants mostra que s'està donant una bona situació d'E-A, ja que en la revisió és on més es modifiquen les idees i es dona l'aprenentatge.



**Els diferents mecanismes d'influència didàctica són promoguts per diferents agents responsables: la tasca, el professorat i l'alumnat.**

- **Els alumnes son els principals responsables de liderar, engegar o promoure canvis d'activitat de modelització**, ja que la meitat de mecanismes que engeguen l'activitat de modelització són promoguts per l'alumnat. Això mostra que l'aproximació didàctica que s'ha portat a terme ha aconseguit estar centrada en l'alumnat. **El rol del professorat i de la tasca** representa l'altra meitat d'estratègies per engegar l'activitat de modelització, i per tant **també tenen un paper significatiu**.
- **El paper de la tasca** en l'activitat de modelització **es centra en demanar l'ús i l'expressió explícita del model**, mecanismes que no utilitzen per si mateixos ni el professorat ni els alumnes.
- **El professorat utilitza diversos mecanismes amb bastanta freqüència, però resulten característics del professorat la introducció d'idees noves i l'anàlisi de la completesa del model**.
- **L'alumnat mostra ser l'agent més actiu en l'avaluació del model, ja que qüestiona el model i demana o aporta altres dades amb una freqüència molt elevada i superior als altres agents**. L'alumnat també utilitza molt com a detonant de les discussions la demanda d'aclarir el model o explicació i la promoció de la convergència per consensuar el model final.

**Les característiques de la proposta didàctica ACE i de la seqüència instruccional dissenyada afecten no només als mecanismes proposats per la tasca i el professorat, sinó també els mecanismes usats per l'alumnat.** És a dir, relacionem que els alumnes siguin agents actius de l'avaluació amb característiques de la seqüència, com ara que estigui centrada en el treball entorn a fenòmens paradigmàtics en progressió i que inclogui contínues preguntes que fan replantejar el model als alumnes. Podem extreure aquesta conclusió perquè els dos grups utilitzen els mateixos mecanismes, independentment de la qualitat de pràctica de modelització que fan (ja que un grup avalua i revisa més que l'altre, etc.).

[Conclusions sobre la influència dels mecanismes més abundants en l'activitat de modelització per construir models clau](#)

**La demanda d'utilitzar el model promoguda per la tasca serveix per engegar bona part de les discussions i enfocar la mirada en la direcció adequada, fent millorar el model dels alumnes.**

**Tot i ser menor en termes de freqüència, el paper del professorat és més eficient per fer avançar en el model que el paper de l'alumnat:** totes les intervencions del professorat actuen com a mecanismes d'influència didàctica, engegant noves activitats de modelització, i son més productives en termes de l'evolució del model.

- **El rol de la professora és clau per a la construcció del model.** Concretament, **la introducció d'idees noves és el mecanisme que promou una activitat de modelització més productiva**. Aquest mecanisme ha estat productiu quan s'ha usat en el moment que l'alumnat ho necessitava (quan no podia avançar per si sol, quan hi havia un dubte important, etc.) i quan ha anat acompanyat d'altres mecanismes, com el qüestionament del model, el re-enfocament en l'objectiu, la demanda d'aclarir el model, el destacament d'idees rellevants o l'anàlisi de la completesa del model, tots ells mecanismes que promouen una actitud crítica i indagativa (*inquiry stance*) i una revisió continuada dels models. L'anàlisi de la completesa del model serveix especialment per reafirmar i completar aspectes del model que no estaven prou clars.

**Els mecanismes promoguts per l'alumnat, com el qüestionament del model, la demanda o aportació d'altres dades, i la demanda d'aclarir el model o explicació, promouen pràctiques de modelització interessants** (és a dir, d'avaluació i revisió del model).

- **Tot i així, aquestes pràctiques de modelització no sempre son sostingudes en el temps** (depèn del grup) i **aquests mecanismes per si sols no són productius en termes del model** (no el fan millorar). De fet, aquests mecanismes fins i tot poden engegar discussions que representen retrocessos puntuals en el model quan els fenòmens són difícils d'interpretar.
- **La promoció de la convergència realitzada pel propi alumnat permet reafirmar i completar el model, però únicament quan es fa genuïnament.** En canvi, quan els alumnes ho fan des de l'actitud de completar la tasca encomanada, sense un interès genuí, promoure la convergència no només no és productiu sinó que fins i tot pot promoure l'expressió de versions més simples del model.

#### 6.1.2.4. Limitacions i implicacions didàctiques de l'estudi 2

Les conclusions d'aquest estudi i l'anàlisi en profunditat dels diferents aspectes d'aquesta tesi (modelització, models i mecanismes d'influència didàctica) ens porten a reconèixer possibles mancances o **limitacions** en el disseny, i a adonar-nos de **la importància de dissenyar** una seqüència didàctica que promou certs aspectes i no uns altres, així com les **implicacions d'implementar-la a l'aula** adientment. Aquestes limitacions i implicacions les resumim a continuació.

##### Limitacions didàctiques

En primer lloc, en els nostres resultats podem veure **la millora en la qualitat de cadascun dels models però no concretament de cada pràctica de modelització, perquè aquest segon no és un objectiu d'aprenentatge que avaluem.** Això està relacionat amb el nostre **enfocament didàctic** com a equip docent: hem entès que transformar una assignatura centrada en models a una centrada en la modelització implica afavorir les pràctiques de modelització a l'aula, però no necessàriament regular-les i avaluar-les. És a dir, tal i com hem mencionat a les limitacions didàctiques de l'estudi 1, a l'assignatura hem posat als alumnes a modelitzar però no els hem ensenyat a fer-ho explícitament. Caldria experimentar amb altres propostes que es plantegessin objectius didàctics de modelització per veure si aquests també evolucionen com els models.

Tot i que aquesta unitat s'havia millorat iterativament, **la progressió d'aprenentatge empírica** (concretament la idea que guia cada progressió i les fites de cada nivell) **assenyala alguns exemples de com seguir millorant.** En el model de canvi químic hem vist que caldria donar més èmfasi a la distinció entre la modificació de la distribució de les partícules i la recombinació d'àtoms, i en el model de flotació caldria fer més èmfasi en treballar la situació dinàmica de forces.

##### Implicacions pel disseny

**A l'hora de dissenyar una seqüència destinada a construir el model amb l'alumnat** on les pràctiques de modelització evolucionin coherentment amb el cicle i es doni una modelització experta (és a dir, que hi hagi una alta participació en pràctiques d'alt nivell cognitiu com l'avaluació i revisió, així com patrons iteratius d'avaluació i revisió), **els nostres resultats apunten a que les fases d'avaluació (fase 3) i revisió (fase 4) del cicle de modelització són les més clau.**

A la fase d'avaluació, hem comprovat que és important escollir un fenomen paradigmàtic adient, l'experimentació sobre el qual: 1) ajudi a pensar en la idea del model a treballar, i 2) sigui senzilla i prou visual, de manera que el alumnes tinguin temps per posar a prova el model i puguin arribar a conclusions adequades. Pels fenòmens massa complicats o inabastables es recomana proporcionar als alumnes les dades d'algun estudi ja fet i dedicar temps a l'avaluació del model. A més, considerem que seria important no només observar el fenomen o tenir dades per enriquir el model sinó demanar contraposar aquestes dades amb els seus models anteriors. Per això, és necessari

que les preguntes de l'experiment demanin explícitament la comparació amb el seu model anterior, amb demandes del tipus "El teu dibuix explica el fenomen observat?, Allò que pensaves abans de realitzar l'experiment ho segueixes pensant ara? Per què? En què et bases?, etc."

A la fase de revisió hem vist la importància d'aportar alguna informació nova que no s'havia tingut en compte o proposar una "nova manera de mirar" el fenomen que ajudi a l'alumnat a re-pensar les seves idees, però evitant donar el MCE ja revisat als alumnes. Aquesta nova manera de mirar, si no ha aparegut a les produccions dels alumnes, es pot introduir per mitjà d'una base d'orientació (preguntes que s'han de fer als alumnes per interpretar el fenomen des d'un nou punt de vista), de representacions de models equivalents (per exemple, d'altres alumnes), o altres tipus d'estratègies (analogies, material nou per fer una maqueta, simulacions d'ordinador, etc.) que ajudin a focalitzar la mirada en les propietats del fenomen que interessin i no en d'altres anecdòtiques, per tal d'ajudar a superar les limitacions identificades en la fase d'avaluació i modificar el seu model en la direcció adequada.

Així mateix, s'ha vist que per tal de **promoure que l'alumnat avanci en el model** és important que **les tasques treballin les idees clau del MCE al voltant de l'experimentació i discussió de fenòmens paradigmàtics**. A l'hora d'escollir aquests fenòmens cal tenir en compte que ni la tasca ni el professor poden promoure una activitat de modelització genuïna si els alumnes no estan realment involucrats en aquesta activitat. Per això és necessari **escollir i proposar contextos reals que motivin, cridin l'atenció i provoquin en els alumnes ganes d'explicar-los, i per tant que provoquin un repte intel·lectual** (Ogborn, 2012).

A més, tenint en compte els múltiples retrocessos que fa l'alumnat a l'hora d'explicar un nou fenomen o experiment, creiem que és necessari donar oportunitats diverses per **replantejar-se els seus models una vegada i una altra, i anar endavant i en darrere en múltiples ocasions**. Això es pot fer a nivell d'una seqüència, **proposant diferents fenòmens paradigmàtics per cada idea o explorant múltiples aspectes d'un mateix fenomen**. Creiem que l'alumnat serà capaç d'anar construint un MCE en anar aplicant la versió del model que construeix en cada nova tasca, en una nova situació o demanda. En fer això, l'alumne es va tornant més "expert en transferir" el coneixement a noves situacions (DiSessa & Wagner, 2005). L'objectiu és que quan es trobi en contextos de transferència global (aplicació de totes les idees del model a l'avaluació final) ja no torni enrere cap a versions inicials del model. De fet, hem vist que per avançar en el model és important també incloure **tasques avaluable que demanin l'aplicació de totes les idees del model ja treballades** (fase 6 de la seqüència instruccional).

**Aquest procés requerirà de més temps i més esforços** (més tasques, més exemples, etc.) **quan es tracti de models interpretatius o abstractes, mentre que els models descriptius o en termes de propietats, tot i ser imprescindibles en particular a primària, no requereixen de tant de temps ni tasques**.

Per últim, si bé **les fites obtingudes a les progressions d'aprenentatge empíriques poden servir per guiar nous dissenys** (ja que es pot dissenyar cada tasca tenint en compte el camí real que fan els alumnes) **i per guiar l'avaluació** (ja que permet saber en quin nivell es troba cada alumne en un moment determinat), encara roman oberta la pregunta de **fins a quin punt hauríem de tenir en compte la progressió empírica per dissenyar seqüències, a més a més de les idees clau del MCE**, en les quals hem basat el disseny de les seqüències proposades (Annex 3). Tot i que les idees del MCE, en ser una transposició didàctica, ja tenen en compte algunes dificultats generals de l'alumnat, des de la nostra perspectiva, creiem que seria interessant orientar més l'ensenyament a les idees que més costen aprendre seguint la progressió d'aprenentatge empírica i analitzar els resultats dels alumnes en aquest cas.

### Implicacions per la implementació a l'aula

En primer lloc, hem vist que **el rol del professorat (o de l'expert) és crucial per aconseguir un avanç efectiu del model en la direcció desitjada i completar aspectes del model que no estaven clars**. En aquest sentit, la intervenció del professor ha d'anar dirigida a **aportar noves idees del model** que no es tenen en compte en el moment que es necessita en la discussió i a **enfocar la mirada convenientment**, fent ús de mecanismes com el re-enfocament en el model o l'anàlisi de la completesa del model.

En aquesta recerca també hem identificat que en ocasions l'alumnat parla amb implícits (especialment amb les pràctiques d'expressió i avaluació del model), de manera que ni el professor ni els companys poden saber a què es refereix l'alumne, quin model té o en què es basa el seu argument. Per això, serà necessari incloure **tasques específiques per explicitar aquestes pràctiques**: demanar representar o parlar de manera explícita d'aspectes del model (expressar) i demanar avaluar el grau d'ajust del model amb el fenomen (avaluar). També proposem **deixar més temps** per permetre aquesta explicitació, la qual no és fàcil, i proposar fer-ho de forma **multimodal** (Márquez et al., 2003) amb dibuixos, gestos, maquetes, simulacions, etc. L'ús d'altres eines importants com les **noves tecnologies** (pissarra digital, tauletes,...), poden afavorir recollir amb facilitat l'expressió de cadascú i discutir-les en grup eficaçment (Grimalt Álvaro, 2015).

Per tal de fer que els alumnes s'involucrin en **una pràctica de modelització interessant o experta** (on l'alumnat avaluï i revisi molt el model i ho faci en patrons iteratius d'avaluació i revisió), a banda de dissenyar una seqüència instruccional que ho promogui **caldrà que el docent utilitzi i promogui alguns mecanismes clau durant les converses, com el qüestionament del model, la demanda o aportació d'altres dades i la demanda d'aclarir el model o explicació**. Això implica la **promoció explícita d'una cultura discursiva de tipus indagativa/argumentativa on es critiquin les idees, en un clima de confiança que permeti discrepar, equivocar-se i analitzar totes les opcions possibles**. Aquest clima i cultura d'aula creiem que permetrà als alumnes no només **participar d'una millor modelització (avaluació i revisió), sinó arribar a construir versions més sofisticades del model i de manera més autèntica**.

La **reflexió explícita sobre aquesta cultura discursiva** permetria que l'alumnat fos més conscient del seu procés de raonament i s'anés apropiant d'un tipus de discurs indagatiu i crític. Aquest seria un objectiu d'aprenentatge de nivell "meta" sobre la pràctica científica que tot i que considerem molt important, veiem difícil d'incorporar en assignatures curtes i aïllades. En els casos on sigui un objectiu d'aprenentatge específic, **s'haurien d'incloure aportacions del docent de nivell de meta-modelització** (per ex. "heu vist que quan ens qüestionem les idees els uns als altres millorem les nostres explicacions?").

## 6.2. Conclusions transversals

Aquest apartat integra els resultats de tot aquest treball que estan relacionats entre ells i donen lloc a conclusions transversals. Aquestes conclusions es representen esquemàticament a la Figura 28.

**L'enfocament didàctic utilitat i les seqüències instruccionals dissenyades han demostrat ser eficaces**, ja que els alumnes milloren substancialment els seus models i s'involucren en pràctiques de modelització riques. **Tot i així, el procés de disseny d'aquests materials no és senzill, ha necessitat de diverses iteracions i encara té marge de millora.** Això assenyala la importància i alhora dificultat de fer un bon disseny didàctic i l'avinentsa de fer-ho de forma participativa, iterativa i basada en proves.

**El model dels alumnes va evolucionant cap a versions més sofisticades en expressar-lo, usar-lo, posar-lo a prova (avaluar-lo) i millorar-lo (revisar-lo) al llarg de tota la seqüència instruccional.** Això ens suggereix que **la construcció del model no és una fase inicial de la seqüència de modelització** en base a la qual tot s'avalua i es revisa, ni tampoc és una pràctica de modelització concreta, com molts altres autors afirmen (Achér & Reiser, 2010; Baek et al., 2011; Berland et al., 2015; Clement, 2008b; Khan, 2007; Louca et al., 2011; Schwarz et al., 2009). **La construcció d'un MCE és l'objectiu de tota la seqüència i engloba tot aquest procés de participació en totes les pràctiques de modelització esmentades, ja que totes elles fan evolucionar el model mental de l'alumnat.**

**Una modelització experta (participació elevada en les pràctiques d'avaluació i revisió del model i involucrar-se en el patró iteratiu d'avaluació-revisió) promou discussions més productives en termes del model,** és a dir, els alumnes arriben a versions més sofisticades del model.

- **Aquesta millora substancial del model no s'observa immediatament després de participar en els cicles d'avaluació i revisió, però sí al final de la seqüència.** De nou, això ens porta a pensar en el **caràcter no lineal però sí acumulatiu del procés de modelització.**
- **La qualitat de la modelització que porta a aquesta millora del model està relacionada amb característiques pròpies de la forma de discutir dels grups, és a dir, al clima de confiança i a una activitat discursiva de tipus indagatiu (“*inquiry stance*”) que s'estableix entre els alumnes.**

**En el context didàctic proposat (ACE), tant la tasca, com els alumnes i el professorat promouen diversos mecanismes d'influència didàctica per fer avançar l'activitat de modelització.** El mecanisme més productiu en termes de modelització (fer una bona modelització d'avaluació i revisió) és el qüestionament del model i la demanda/aportació d'altres dades que fa l'alumnat. El mecanisme més productiu en termes d'evolució del model (una millora del model) es la introducció d'idees noves per part del professorat.

**Caldria més estudis amb diferents grups i en contextos instruccionals similars per analitzar l'efecte de la seqüència instruccional en els mecanismes d'influència didàctica, en la modelització i en l'evolució dels models, així com les relacions i/o influències entre ells apuntades en aquest estudi,** com per exemple la relació entre fer una modelització experta i arribar a millors models, o la productivitat que tenen certs mecanismes en la modelització i en els models. D'altra banda, seria interessant conèixer com la promoció explícita d'una cultura discursiva de caire indagatiu/argumentatiu en els alumnes afecta a aquests mecanismes, a la modelització i a l'evolució dels models.

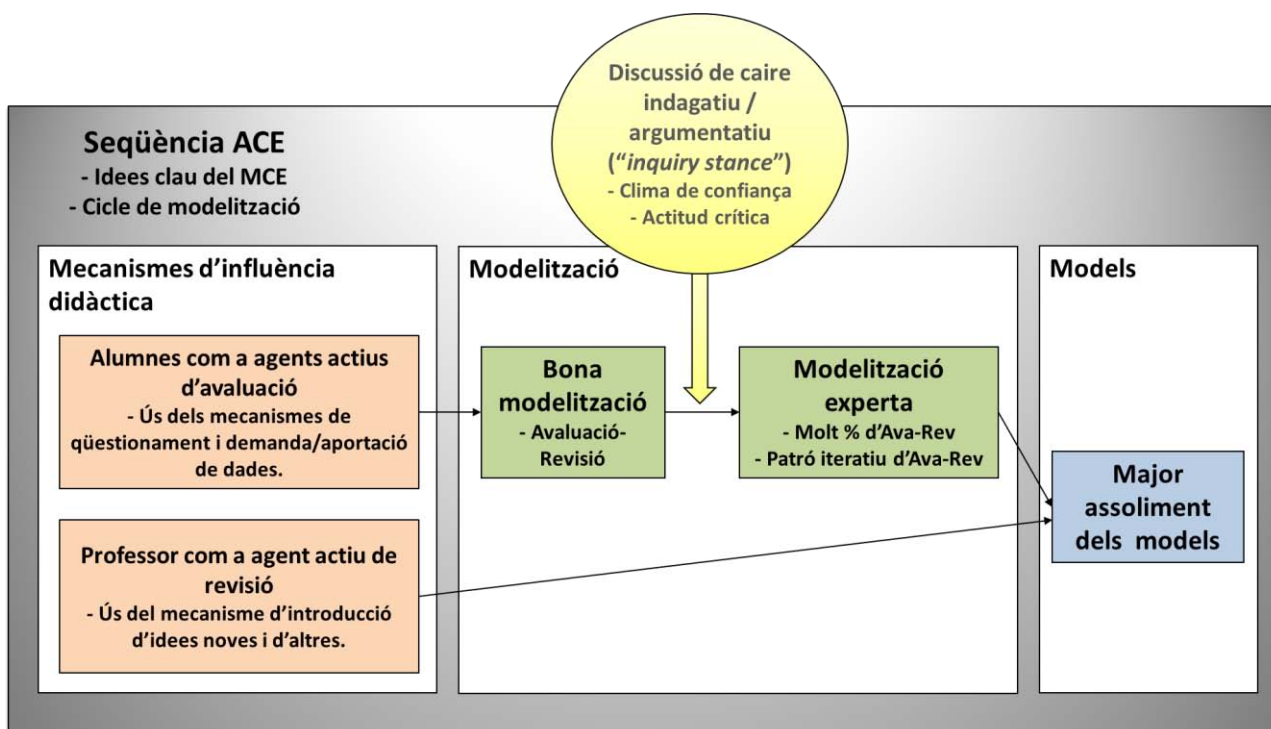


Figura 28: Esquema de les conclusions transversals.

### 6.3. Conclusions metodològiques

A continuació discutim les conclusions metodològiques que s'extreuen de la realització d'aquesta tesi.

En aquesta recerca hem combinat dos marcs metodològics diferents (la recerca basada en el disseny (RBD) i el marc qualitatiu interpretatiu) per realitzar els dos estudis presentats. Considerem que en qualsevol recerca que es realitza en un context didàctic dissenyat *ad hoc*, el fet d'aplicar la RBD permet fer més transparents totes les decisions preses (principis de disseny), a més de garantir una certa qualitat en el mateix. En aquest sentit, **advquem per aquest tipus de recerques combinades** que: 1) garanteixen tenir un bon context instruccional de partida per investigar allò que vols investigar (en el nostre cas, la modelització), i 2) tenen un important component descriptiu, i per tant poden resultar més formatives per futurs investigadors i formadors. Tot i així, fer les dues recerques té un elevat cost en temps i esforç, i és difícil fer-ho amb la mateixa qualitat. En conseqüència, en aquesta tesi hem fet més esforç investigador en el segon estudi pel nostre interès en conèixer a fons què passa a l'aula de formació dels futurs mestres en una assignatura ja adientment modificada.

Metodològicament en aquesta recerca hem realitzat **diferents anàlisis a diferents escales**, tant per la part conceptual (models) com per la pràctica (modelització), **que ens han servit per assolir els nostres objectius eficaçment**. Una primera anàlisi qualitativa per fase o moment de la seqüència ens ha servit per identificar quins patrons de modelització i models es donen en cada discussió, a un nivell concret o "micro". Una segona anàlisi, de tipus quantitativa, ens ha servit per tenir una visió més global o "macro" de com evoluciona la pràctica i el domini dels models al llarg de la seqüència instruccional. L'última anàlisi, de caire qualitativa interpretativa, es va fer a nivell d'episodis concrets dins de cada fase/moment, i va servir per donar compte de la complexitat de l'activitat de modelització a l'aula i per identificar l'efecte dels mecanismes d'influència didàctica. Aquests "zoom-in/zoom-out" o "apropaments-allunyaments" realitzats, combinats amb les diferents metodologies d'anàlisi, ens han estat molt útils per capturar els diferents aspectes que volíem analitzar (patrons, evolució i mecanismes) i creiem que poden ser útils per recerques similars en el futur.

**Els gràfics usats ens han permès visualitzar el resultat d'aquesta anàlisi. El gràfic d'esferes** (gràfic 3, gràfic 6 i gràfic 7), inspirat en recerques prèvies (Hernández et al., 2015), permet mostrar a nivell de seqüència, **l'evolució general** del percentatge de temps dedicat a cada pràctica de modelització i del percentatge d'alumnes que es troba en cada nivell del model. Una variació del gràfic d'esferes ens ha permès mostrar l'evolució dels models a nivell individual (gràfic 8 i gràfic 9), de manera que hem pogut identificar tendències entre grups i entre alumnes. **El gràfic temporal o de patrons** (gràfic 5, gràfic 10, gràfic 11), també parcialment inspirat en altres recerques (Louca et al., 2011), ens ha estat especialment interessant perquè ens ha permès **integrar aquests dos aspectes (la pràctica i del contingut) en un sol gràfic** (gràfic 12), de manera que hem pogut visualitzar conjuntament la variació dels patrons de modelització i de models que s'estan donant a la conversa simultàniament. Això és molt coherent amb el nostre marc de pràctica científica que considera que aquests dos aspectes es donen i s'han de treballar simultàniament a l'aula.

Per últim, considerem molt interessant haver buscat el detonant d'aquesta activitat modelitzadora a través de **definir uns mecanismes d'influència didàctica**, així com haver pogut **representar-ho tot junt (modelització, models i mecanismes) en un sol gràfic**. Aquest tipus de gràfic (gràfic 13), tot i ser molt complex i tenir molta informació en molt poc espai (i per tant, ser un repte d'interpretació pel lector), és molt potent i complert, ja que integra en una imatge o esquema tots els aspectes analitzats en la discussió:



les pràctiques de modelització, els nivells dels models i els mecanismes d'influència didàctica, i a més els alumnes que estan intervenint cronològicament ordenats i l'escenari didàctic on això es dona.

La principal **limitació metodològica** que no permet generalitzar les nostres conclusions sense fer més recerques és el fet que **la nostra recerca es situa en un context concret i altament facilitador** (assignatura millorada iterativament, dissenyada per experts en didàctica, implementada per experts en didàctica, amb un equip docent altament cohesionat,...). En aquest sentit, sabem que desafortunadament no tota la formació de mestres es dona en aquestes condicions, i que per tant, no considerem que l'aplicació directa dels materials didàctics dissenyats produeixi els mateixos resultats independentment de qui els apliqui. D'altra banda, com totes les recerques educatives en context real, la recerca ha tingut grans limitacions contextuais (la durada limitada de les sessions, la disponibilitat limitada dels espais de laboratori, l'elevat nombre d'alumnes, les interrupcions externes a la docència, el pre-establiment dels objectius didàctics, l'existència d'un contracte o guia docent que marca les activitats d'avaluació,...) que no ens han permès realitzar totes les intervencions desitjades.

Una altra limitació metodològica important és que, pel fet de fer una recerca a una escala molt petita i en profunditat, només analitzem dos grups de treball i per dos models concrets. Tot i la **limitació evident de la mida de la mostra**, considerem que això no treu necessàriament valor a la recerca, tot i que sí que convida a explorar més (amb més grups, amb més models, etc.).

Per últim, una altra limitació metodològica de la nostra anàlisi, ja comentada a l'apartat de metodologia, és que la **unitat d'anàlisi**, al ser molt petita, **captura una variació molt petita i detallada de la discussió**. En aquest sentit, es requereix de molta expertesa i coneixement contextual a l'hora d'analitzar les dades i això suposa una dificultat per consensuar l'anàlisi amb altres investigadors. D'altra banda, aquesta unitat d'anàlisi fa que alguns dels resultats obtinguts no concordin amb recerques prèvies que tenen unitats d'anàlisi més generals o àmplies (de tota una tasca, discussió o producció escrita). Si bé això ho considerem una riquesa perquè ens permet identificar un fenomen poc explorat a la literatura sobre la complexitat que es dona en el discurs d'aula, dificulta la comparació amb les altres recerques i els resultats s'han d'interpretar tenint en compte aquest canvi d'escala.

# CAPÍTOL 7.

## BIBLIOGRAFIA

---



## Capítol 7. Bibliografia

- AAAS. (2001). *Atlas of science literacy*. Washington, D.C.
- Abell, S. K., & Lederman, N. G. (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Abraham, M. R. (1998). The learning cycle approach as a strategy for instruction in science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*. London: Kluwer.
- Achér, A. (2016). Perspectives on the needs and challenges of science education in primary school. In *International Workshop on Higher Education UVIC*. Vic, Barcelona.
- Achér, A., Arcà, M., & Sanmartí, N. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education, 90*, 1073–1091.
- Achér, A., & Reiser, B. J. (2010). Middle school students and teachers making sense of the modeling practice in their classrooms. *National Association for Research in Science Teaching, 1–13*.
- Adúriz-Bravo, A. (2008). Un modelo de ciencia para el análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias naturales. *Perspectivas Educativas, 1*, 13–39.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). A “Semantic” View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education, 22*(7), 1593–1611.
- Adúriz-Bravo, A. (2014). Contributions to the nature of science: Scientific investigation as enquiry, modelling and argumentation. Universidad de Buenos Aires: Documento interno, Instituto CeFIEC.
- Adúriz-bravo, A., & Izquierdo-aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias, 4*(3), 40–49.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers’ conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(4), 295–317.
- Aliberas, J., Izquierdo, M., & Gutierrez, R. (2013). El papel de la conversación didáctica en la modelización y progresión del conocimiento escolar: el caso de la hidrostática en ESO. In *Ix congrés internacional sobre investigació en didáctica de las ciencias* (pp. 76–83).
- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education, 93*(3), 389–421.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Anderson, R. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education, 13*(1), 1–12.
- Andersson, B., & Bach, F. (2005). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. *Science Education, 89*(2), 198–218. <http://doi.org/10.1002/sce.20044>
- Aparicio, J. J., & Rodríguez Moneo, M. (2000). Los estudios sobre el cambio conceptual y las aportaciones de la Psicología del Aprendizaje. *Tarbiya, 26*, 13–30.

- Ariza, Y., & Adúriz-Bravo, A. (2012). La “nueva filosofía de la ciencia” y la “concepción semántica de las teorías científicas” en la didáctica de las ciencias naturales. *Educación En Ciencias Matemáticas Y Experimentales*, 2, 55–66.
- Avraamidou, L., & Zembal-Saul, C. (2010). In search of well-started beginning science teachers: Insights from two first-year elementary teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 661–686.
- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS 5th Grade Approach and Findings. In M. Khine & I. Saleh (Eds.), *Dynamic Modeling: Cognitive Tool for Scientific Enquiry*.
- Bell, B., & Gilbert, J. K. (1996). *Teacher professional development: A model from Science Education*. London: Falmer Press.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Aniversario*, 60–67.
- 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.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2011). Classroom communities’ adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 95, 191–216.
- Berland, L. K., Schwarz, C. V, Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2015). Epistemologies in Practice: Making Scientific Practices Meaningful for Students. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Berliner, D. C. (2002). Educational Research: The Hardest Science of All. *Educational Researcher*, 31(8), 18–20. <http://doi.org/10.3102/0013189X031008018>
- Bernard, H. R. (1994). *Research methods in anthropology: qualitative and quantitative approaches (second edition)*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press.
- Böttcher, F., & Meisert, A. (2011). Argumentation in Science Education: A Model-based Framework. *Science and Education*, 20(2), 103–140.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., Cocking, R. R., Donovan, M. S., & Pellegrino, J. W. (2000). *How people learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Brown, A., & Campione, J. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.), *Innovations in learning: New environments for education* (pp. 289–325). Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brückmann, M., Duit, R., Tesch, M., Fischer, H. E., Kauertz, A., Reyer, T., ... Labudde, P. (2007). The potential of video studies in research on teaching and learning science. In R. Pintó & D. Couso (Eds.), *Contributions from Science Education Research* (pp. 77–89). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Bunge, M. (1973). *Method, Model and Matter*. Holland: Reidel.
- Bybee, R. W. (2011). Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms: Understanding “A Framework for K-12 Science Education.” *Science Teacher*, 78(1), 34–40.
- Bybee, R. W., Taylor, J. a, Gardner, A., Scotter, P. V, Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Colorado Springs, CO: BSCS.

## Capítol 7. Bibliografia

- Campbell, T., & Oh, P. S. (2015). Engaging Students in Modeling as an Epistemic Practice of Science: An Introduction to the Special Issue of the Journal of Science Education and Technology. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2-3), 125–131.
- Campbell, T., Oh, P. S., & Neilson, D. (2012). Discursive Modes and Their Pedagogical Functions in Model-Based Inquiry (MBI) Classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2393–2419.
- Campbell, T., Schwarz, C. V., & Windschitl, M. (2016). What we call misconceptions may be necessary stepping-stones toward making sense of the world. *The Science Teacher*, 83(3), 69–74.
- Cardoso Mendonça, P. C., & Justi, R. (2013). The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407–2434.
- Central Association of Science and Mathematics Teachers. (1907). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in secondary schools. *School Science and Mathematics*, 7, 241–247.
- Chevallard, Y. (1994). Les Processus De Transposition Didactique Et Leur Theorisation. In G. Arzac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand, & A. Tiberghien (Eds.), *La transposition didactique à l'épreuve, La pensée sauvage*. (pp. 135–180). Grenoble.
- Clement, J. J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041–1053.
- Clement, J. J. (2008a). Model Based Learning and Instruction in Science. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramírez (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science*. The Netherlands: Springer.
- Clement, J. J. (2008b). Student/Teacher Co-construction of Visualizable Models in Large Group Discussion. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramírez (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 11–22). Dordrecht: Springer.
- Coll, C. (2001). Constructivismo y educación: la concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje. In C. Coll, J. Palacios, & A. Marchesi (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación, 2. Psicología de la Educación* (pp. 157–186). Madrid: Alianza Psicología.
- Coll, C., & Onrubia, J. (1999). Evaluación de los aprendizajes y atención a la diversidad. In C. Coll (Ed.), *Psicología de la instrucción: la enseñanza y el aprendizaje en la educación secundaria* (pp. 141–168). Barcelona: ICE-Horsori.
- Corcoran, T., Mosher, F. a, & Rogat, A. (2009). *Learning Progressions in Science: An Evidence-based Approach to Reform. CPRE Research Reports*.
- Couso, D. (2009). *Science Teachers' Professional Development in Contexts of Educational Innovation. Analysis of three initiatives*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. In 26EDCE. *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1–28). Huelva (Andalucía) Spain.
- Couso, D. (2015). La clau de tot plegat: la importància de “què” ensenyar a l'aula de ciències. *Ciències*, 29, 29–36.

- Couso, D. (2016). Iterative Design of Teaching-Learning Sequences. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences* (pp. 47–71). Dordrecht: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5>
- Couso, D., & Garrido, A. (2016). Models and Modeling in elementary school pre-service teacher education: the influence of teaching scenarios. In *11th ESERA Conference Selected Contributions*.
- Crujeiras, B. (2014). *Competencias e prácticas científicas no laboratorio de química: Participación do alumnado de secundaria na indagación*. Universidade de Santiago de Compostela.
- Crujeiras, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Participar en las prácticas científicas. *Alambique*, 72, 12–19.
- Cullin, M. J., & Crawford, B. A. (2004). The interplay between prospective science teachers' modeling strategies and understandings. In *Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching*. Vancouver, British Columbia.
- Custodio, E., Márquez, 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.
- Danusso, L., Testa, I., & Vicentini, M. (2010). Improving Prospective Teachers' Knowledge about Scientific Models and Modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention. *International Journal of Science Education*, 32(7), 871–905.
- Davis, K. S. (2003). "Change is hard": What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, 87(1), 3–30.
- DBR Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- DeMunck, V. C., & Sobo, E. J. (1998). *Using methods in the field: a practical introduction and casebook*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press.
- Departament d'Educació. (2007). Currículum educació secundària obligatòria. Generalitat de Catalunya.
- Departament d'Educació. (2009). Currículum educació primària. Generalitat de Catalunya. Departament d'Educació. Retrieved from <http://xtec.gencat.cat/>
- DeWalt, K. M., & DeWalt, B. R. (2002). *Participant observation: a guide for fieldworkers*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press.
- DGEBiB. (2009). *Orientacions per al desplegament del currículum. Ciències de la naturalesa a l'ESO*. Retrieved from [www.xtec.cat/edubib](http://www.xtec.cat/edubib)
- DiSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In *Constructivism in the computer age* (pp. 49–70). New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers.
- DiSessa, A. A., & Wagner, J. F. (2005). What coordination has to say about transfer. In J. P. Mestre (Ed.), *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective* (pp. 121–154). Greenwich, CT: Information Age.



## Capítol 7. Bibliografia

- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 41(1), 3–15.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). The Nature of Scientific Knowledge. *Educational Researcher*, 23(7), 5–12.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84, 287–312.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, K., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Restropective and Prospective* (pp. 13–37). Sense Publishers.
- Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 606–609.
- Duschl, R. A. (2008a). Quality argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Alexandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 159–175). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Duschl, R. A. (2008b). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2012). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22, 2109–2139.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Duschl, R. A., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123–182.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1988). *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*. Barcelona: Paidós/MEC.
- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(September), 133–156.
- Erduran, S. (2007). Bonding epistemological aspects of models with curriculum design in acid-base chemistry. In *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Cerdanyola del Valles: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Erduran, S., & Duschl, R. (2004). Interdisciplinary Characterizations of Models and the Nature of Chemical Knowledge in the Classroom. *Studies in Science Education*, 40(1), 105–138. <http://doi.org/10.1080/03057260408560204>
- Erduran, S., & Evagorou, M. (2012). Visualising Evidence and Scientific Methods: Implications for Science Education. In *National Association of Research in Science Teaching Conference*. Indianapolis, USA.

- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research*. Springer.
- Esterberg, K. G. (2002). *Qualitative methods in social research (No. 300.18 E8)*. Boston: McGraw-Hill.
- Fretz, E. B., Wu, H.-K., Zhang, B. H., Davis, E. a, & Krajcik, J. S. (2002). An Investigation of Software Scaffolds Supporting Modeling Practices. *Research in Science Education*, 32(4), 567–589.
- Fulmer, G. W., Liang, L. L., & Liu, X. (2014). Applying a Force and Motion Learning Progression over an Extended Time Span using the Force Concept Inventory. *International Journal of Science Education*, 36(17), 2918–2936.
- Garrido, A., & Couso, D. (2015). Pre-service teachers' perceptions about modelling: first steps towards a reflective participation in scientific practices. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 13: Pre-service science teacher education* (pp. 2216–2227). Helsinki, Finland: University of Helsinki.
- Garrido, A., & Simarro, C. (2014). El nou marc d'avaluació de la competència científica PISA 2015: Revisió i reflexions didàctiques. *Ciències*, 28, 21–26.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1999). Model-based reasoning in scientific discovery. In L. Magnani, N. J. Nersessian, & P. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 41–57). New York: Kluwer Academic / Plenum Press.
- Giere, R. N. (2004). How Models Are Used to Represent Reality, 71(December), 742–752.
- Giere, R. N., Bickle, J., & Mauldin, R. (2006). *Understanding Scientific Reasoning* (5th editio). Belmont, CA: Thomson Wadsworth.
- Giere, R. N., & Giere, R. N. (2001). A New Framework for Teaching Scientific Reasoning. *Argumentation*, 21–33.
- Gil Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de Las Ciencias*, 9(1), 069–77.
- 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., & Boulter, C. J. (1998). Learning Science Through Models and Modelling. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 53–66). Great Britain: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). *Developing models in Science Education*. Dordrecht. The Netherlands: Kluwer.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education. PhD Proposal* (Vol. 1).
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Observations* (Vol. 1). Chicago, IL: Aldine. <http://doi.org/10.2307/2575405>

## Capítol 7. Bibliografia

- Glynn, S. M., & Duit, R. (1996). Mental modelling. In G. Welford, J. Scott, & P. Osborne (Eds.), *Research in Science Education in Europe*. London: The Falmer Press.
- Gobert, J. D. (2000a). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937–977.
- Gobert, J. D. (2000b). Introduction to model-based teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891–894.
- Gott, R., & Roberts, R. (2008). *Concepts of evidence and their role in open-ended practical investigations and scientific literacy*. Durham, England: Durham University. Retrieved from [https://community.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/CofEv\\_Gott et al.pdf](https://community.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/CofEv_Gott et al.pdf)
- Gotwals, A. W., & Songer, N. B. (2013). Validity evidence for learning progression-based assessment items that fuse core disciplinary ideas and science practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 597–626.
- Grandy, R., & Duschl, R. a. (2007). Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, 16(2), 141–166.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling, 22, 1–11.
- Grimalt Álvaro, C. (2015). *La tecnologia a les classes de ciències de secundària: anàlisi dels processos de canvi del professorat*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in Science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 799–822.
- Gunckel, K. L., Covitt, B. a, & Anderson, C. W. (n.d.). Students' Developing Understanding of Water in Environmental Systems. In *Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference* (pp. 37–51). Iowa City, IA.
- Gutierrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto “modelo mental”. Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 10(2), 209–226.
- Gutierrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Biografía*, 7(13), 37–68.
- Gutierrez, R., & Pinto, R. (2010). From Mental Models to Scientific Models: Similarities in Structures and its Importance in Scientific Knowledge Construction. In *GIREP-ICPE-MPTL 2010 International Conference* (pp. 80–81).
- Halloun, I. A. (2004). *Modeling theory in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Hammerness, K., Darling-Hammond, L., & Bransford, J. (2005). How teachers learn and develop. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do* (pp. 358–389). San Francisco: Jossey-Bass.
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Gosport, Hants, UK.

- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026.
- Hennessy, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: Implications for classroom learning. *Studies in Science Education*, 22, 1–41.
- Henze, I., van Driel, J., & Verloop, N. (2008). The change of science teachers' personal knowledge about teaching models and modelling in the context of science education reform. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1819–1846.
- Heritage, M. (2008). *Learning progressions: Supporting instruction and formative assessment. Formative Assessment for Teachers and Students (FAST)*. Los Angeles, USA. Retrieved from [https://www.cse.ucla.edu/products/misc/cse\\_heritage\\_learning.pdf](https://www.cse.ucla.edu/products/misc/cse_heritage_learning.pdf)
- Hernández, M. I., Couso, D., & Pintó, R. (2015). 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(2-3), 356–377.
- Hernández, M. I., & Pintó, R. (2016). Iterative Design of Teaching-Learning Sequences. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools* (pp. 129–166). Springer.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación. 4a Edición. Mexico: Mc Graw Hill. Retrieved from [https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006\\_ocr.pdf](https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf)
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440–454.
- Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian World. *American Journal of Physics*, 60(8), 732–748.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553.
- Hrepic, Z. (2000). *Mental model definition and context dependence*.
- Iordanou, K., & Constantinou, C. P. (2014). Developing pre-service teachers' evidence-based argumentation skills on socio-scientific issues. *Learning and Instruction*, 34, 42–57.
- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de Las Ciencias*, 23(1), 111–122.
- Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de Las Ciencias Sociales*, 6(June), 125–138.
- Izquierdo, M. (2014). Los modelos teóricos en la enseñanza de las “ciencias para todos” (ESO, nivel secundario). *Biografía*, 7(13), 69–85.
- Izquierdo, M., Caamaño, A., & Quintanilla, M. (2007). *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Cerdanyola del Valles: Universitat Autònoma de Barcelona.

## Capítol 7. Bibliografia

- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de Las Ciencias*.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Estaña, J. L. (2007). Actividad química escolar: modelización metacognitiva del cambio químico. In M. Izquierdo, A. Caamaño, & M. Quintanilla (Eds.), *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 141–163). Cerdanyola del Valles: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2013). School Chemistry: An Historical and Philosophical Approach. *Science and Education*, 22(7), 1633–1653.
- Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, 27–43.
- Jiménez Bargalló, I. (2016). *Preservice teacher knowledge application: from model-centred instruction to lesson plan design*. Universitat de Vic.
- Jiménez Liso, M. R., López-Gay, R., & Martínez Chico, M. (2012). Cómo trabajar en el aula los criterios para aceptar o rechazar modelos científicos: ¿tirar piedras sobre nuestro propio tejado? *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 72, 47–54.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012a). Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices. *Science & Education*, 23(2), 465–484.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012b). Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias. In *XXV Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 9–15).
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792.
- Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental Models in Cognitive Science. *Cognitive Science*, 4, 71–115.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: CIDE-MEC.
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación Química*, (April), 32–40.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369–1386.
- Justi, R., & van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549–573.

- Kagan, D. M. (1992). Implications of research on teacher belief. *Educational Psychologist*, 27(1), 65–90.
- Karplus, R., & Thier, H. D. (1967). A new look at elementary school science. *Science Education*, 57(1), 91.
- Kelly, G. J. (2013). Inquiry teaching and learning: Philosophical considerations. In Michael R. Matthews (Ed.), *Handbook of Historical and Philosophical Studies in Science Education*. Pennsylvania State University: Springer.
- Kelly, G. J., & Chen, C. (1999). The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 883–915.
- Kennedy, C., & Wilson, M. R. (2007). *Using Progress Variables to Interpret Student Achievement and Progress*. BEAR Technical Report No. 2006-12-01. Berkeley, USA.
- Khan, S. (2007). Model-Based Inquiries in Chemistry. *Science Education*, 91(1), 877–905.
- Krajcik, B. J., & Merritt, J. (2012). Engaging Students in Scientific Practices: What does constructing and revising models look like in the science classroom? *Science Teacher*, 79(1), 38–41.
- Kuhn, D. (2010). What is Scientific Thinking and How Does it Develop? In U. Goswami (Ed.), *Handbook of Childhood Cognitive Development*. 2nd edition. (pp. 1–23).
- Labov, W. (1972). *Sociolinguistic Patterns*. Oxford: Blackwell.
- Lave, J. (1996). The practice of learning. In S. Chaiklin & J. Lave (Eds.), *Understanding practice: Perspectives on activity and context* (pp. 3–32). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831–880).
- Lederman, N. G., & Abell, S. K. (2014). *Handbook of Research on Science Education: Volume II*. New York, NY: Routledge.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2005). Developing modeling and argument in elementary grades. In T. A. Romberg, T. P. Carpenter, & F. Dremock (Eds.), *Understanding mathematics and science matters* (pp. 29–53). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2010). What Kind of Explanation is a Model? In *Instructional explanations in the disciplines* (pp. 9–22). Springer US.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701–724.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Leuchter, M., Saalbach, H., & Hardy, I. (2014). Designing Science Learning in the First Years of Schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of “floating and sinking.” *International Journal of Science Education*, 36(10), 1751–1771.



## Capítol 7. Bibliografia

- Lijnse, P. (1995). "Developmental research" as a way to an empirically based "didactical structure" of science. *Science Education*, 79(2), 189–199. <http://doi.org/10.1002/sce.3730790205>
- Lijnse, P. (2010). Lessons I Have Learned. In K. Kortland & K. Klaassen (Eds.), *Designing theory-based TLS for science education* (pp. 79–90). Utrecht: CDBeta Press. <http://doi.org/10.1093/bjsw/bct028>
- López-Mota, Á., & Moreno-Arcuri, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación. *Biografía*, 7(13), 109–126.
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2015). Examining Learning Through Modeling in K-6 Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2-3), 192–215.
- Louca, L. T., Zacharia, Z. C., & Constantinou, C. P. (2011). In Quest of productive modeling-based learning discourse in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 919–951.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603–630.
- Marbà, A., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique*, 59, 102–111.
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza de Las Ciencias*, 21(3), 371–386.
- Marshall, A., & Batten, S. (2004). Researching Across Cultures: Issues of Ethics and Power. *Forum: Qualitative Social Research*, 5(3).
- Martínez Chico, M., López-Gay Lucio-Villegas, R., & Jiménez Liso, M. R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales Y Sociales*, 4379(28), 153–173.
- Martínez-Chico, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. Universidad de Almería.
- Martínez-Chico, M., Jiménez-liso, M. R., & López-Gay Lucio-Villegas, R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a los formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(3), 591–608.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2006). The Need for a Revision of Bloom's Taxonomy. In *The New Taxonomy of Educational Objectives*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535.
- Mellado, V. (1994). *Análisis del conocimiento didáctico del contenido en profesores de ciencias de primaria y secundaria en formación inicial*. Univetsidad de Sevilla.
- Merino, C., & Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico, 22(3), 212–223.



- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Michaels, S., Shouse, A. W., & Schweingruber, H. A. (2008). *Ready, Set, Science!* Washington, D.C., USA: The National Academies Press.
- Mikeska, J. N., Anderson, C. W., & Schwarz, C. V. (2009). Principled reasoning about problems of practice. *Science Education*, 93(4), 678–686.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An Expanded Sourcebook, 2nd Edition*. Sage: Thousand Oaks.
- Nersessian, N. J. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.), *The cognitive basis of science* (pp. 133–153). Cambridge: Cambridge University Press.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, D.C.
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2013). The model of educational reconstruction: A framework for the design of theory-based content specific interventions. The example of climate change. In *Educational design research – Part B: Illustrative cases* (pp. 511–532). Enschede, the Netherlands: SLO.
- Niedderer, H., Goldberg, F. M., & Duit, R. (1992). Towards Learning Process Studies: A Review of the Workshop on Research in Physics Learning. *Research in Physics Learning - Theoretical Issues and Empirical Studies*, 1(4), 10–28.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 7–14). Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Norris, S. (2002). The implication of visual research for discourse analysis: Transcription beyond language. *Visual Communication*, 1(1), 97–121.
- NRC. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- NRC. (2012). *A framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- OECD. (2005). *Teachers Matter*. Department for International Research and Cooperation National Institute for Educational Research.
- OECD. (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World. Executive Summary*. OECD Publishing.
- OECD. (2013). *PISA 2015. Draft Science Framework*. Retrieved from [http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft PISA 2015 Science Framework .pdf](http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework.pdf)

## Capítol 7. Bibliografia

- Ogborn, J. (2002). Ownership and transformation: Teachers using curriculum innovations. *Physics Education*, 37(2), 142–146.
- Ogborn, J. (2012). Curriculum Development in Physics: Not Quite So Fast! *Scientia in Education*, 3(2), 3–15.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.
- Onrubia, J. (1993). Interactividad e influencia educativa en la enseñanza/aprendizaje de un procesador de textos: una aproximación teórica y empírica. *Anuario de Psicología*, (58), 83–103.
- Onwuegbuzie, A. J. (2000). Positivists, Post-Positivists, Post-Structuralists, and Post-Modernists: Why Can't We All Get Along? Towards a framework for Unifying Research Paradigms. In *Association for the Advancement of Educational Research (AAER)*. Ponte Vedra, Florida.
- Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3(2), 35–45.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London, UK: Nuffield Foundation.
- Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, 82(301), 63–70.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–332.
- Palincsar, A. S., & Magnusson, S. J. (2001). The interplay of first-hand and second-hand investigations to model and support the development of scientific knowledge and reasoning. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and Instruction: Twenty-five Years of Progress* (pp. 151–193). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Passmore, C. M., & Svoboda, J. (2012). Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535–1554.
- Paz, V. A. (2015). *Estudio de las características textuales y el contenido científico de resúmenes sobre la función de nutrición en estudiantes de educación secundaria obligatoria Vilma Analía Paz*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Pedrinaci, E. (2012). Enseñar qué es la ciencia. *Alambique*, 72, 9–11.
- Pellegrino, J. W. (2014). Assessment as a positive influence on 21st century teaching and learning: A systems approach to progress. *Psicología Educativa*, 20(2), 65–77.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1994). *Bibliography: Students's Alternative Frameworks and Science Education* (4th Editio). Keil, Alemania: IPN at the University of Keil.
- Pozo, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de Las Ciencias*, 17(3), 513–520.

- Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools*. Springer. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5>
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis, S. A.
- Radovanović, J., & Sliško, J. (2013). Applying a predict–observe–explain sequence in teaching of buoyant force. *Physics Education*, 48(1), 28.
- Rapp, D. N., & Sengupta, P. (2012). Models and Modeling in Science Learning. In *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2320–2322).
- Ratner, C. (2002). Subjectivity and Objectivity in Qualitative Methodology. *Forum: Qualitative Social Research*, 3(3), 1–7.
- Rea-Ramírez, M. A. (2008). Determining Target models and Effective learning Pathways for developing Understanding of Biological Topics. In J. J. Clerment & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 45–58). Springer.
- Rea-Ramírez, M. A., & Clement, J. J. (1998). Paper presented at the Annual Meeting of NARST. In *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)* (pp. 1–29). Columbus, OH: ERIC/CSMEE.
- Reiser, B. J. (2013). What Professional Development Strategies Are Needed for Successful Implementation of the Next Generation Science Standards? *Invitational Research Symposium on Science Assessment*.
- Reyer, T. (2005). Qualitative Video-Analysis Applied to Classroom Studies - A First-Steps Workshop. In H. E. Fischer (Ed.), *Developing Standards in Research on Science Education. The ESERA Summer School 2004* (pp. 39–46). London, UK: Taylor & Francis.
- Roca, M. (2008). *Com intervenen els exercicis o activitats dels llibres de text en el processos de construcció del coneixement científic*. UAB.
- Roca, M., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos : Una propuesta de análisis. *Enseñanza de Las Ciencias*, 31(1), 95–114.
- Rogan, J. M., & Grayson, D. J. (2003). Towards a theory of curriculum implementation with particular reference to science education in developing countries. *International Journal of Science Education INT. J. SCI. EDUC*, 25(10), 1171–1204.
- Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of communities of learners. *Mind, Culture, and Activity*.
- Sandoval, W. A., Bell, P., Coleman, E., Enyedy, N., & Suthers, D. (2000). Designing Knowledge Representations for Learning Epistemic Practices of Science. In *National Association of Research in Science Teaching Conference*.
- Sanmartí, N. (2002a). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. (2002b). Necesidades de formación del profesorado en función de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. *Pensamiento Educativo*, 30(julio), 35–60.

## Capítol 7. Bibliografia

- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K., Reiner, M., Journal, T., & Sciences, L. (1991). Causal Models and Experimentation Strategies in Scientific Reasoning. *The Journal of the Learning Sciences*, 1(2), 201–238.
- Schwarz, C. (2009). A Learning Progression of Elementary Teachers' Knowledge and Practices for Model-Based Scientific Inquiry.
- Schwarz, C., & White, Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165–205.
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education*, 91(1), 158–186.
- Schwarz, C. V., Gunckel, K. L., Smith, E. L., Covitt, B. a., Bae, M., Enfield, M., & Tsurusaki, B. K. (2008). Helping elementary preservice teachers learn to use curriculum materials for effective science teaching. *Science Education*, 92(2), 345–377.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Ed.), *Third handbook of research on teaching*. New York: Macmillan.
- Shulman, L. S. (1993). Renewing the pedagogy of teacher education: The impact of subjectspecific conceptions of teaching. In L. Montero & J. Vez (Eds.), *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado* (pp. 53–69). Santiago de Compostela: Tórculo.
- Sikorki, T.-R., Winters, V., & Hammer, D. (2009). Defining learning progressions for scientific inquiry. In *Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference*. Iowa City, IA.
- Simarro, C. (2013). Indagació basada en la modelització: un marc per al treball pràctic. *Ciències*, 25, 35–43.
- Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic-molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 4(1-2), 1–98.
- Smith, C. L., Wiser, M., & Carraher, D. W. (2010). Using a Comparative, Longitudinal Study with Upper Elementary School Students to Test Some Assumptions of a Learning Progression for Matter. In *National Association for Research on Science Teaching*. Philadelphia.
- Solé i Gallart, I. (2002). Disponibilidad en el aprendizaje y sentido del aprendizaje. In E. Martín Ortega, C. Coll i Salvador, T. Mauri Majós, I. Solé i Gallart, M. Miras Mestres, A. Zabala Vidiella, & J. Onrubia Goñi (Eds.), *El constructivismo en el aula* (pp. 25–46). Barcelona: GRAO.
- Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A. W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 610–631.
- Stevens, S. Y., Delgado, C., & Krajcik, J. S. (2009). Developing a hypothetical multi-dimensional learning progression for the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 687–715.

- Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M., & Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of Educational Change*, 7(4), 221–258. <http://doi.org/10.1007/s10833-006-0001-8>
- Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of “structure of matter.” *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123–2136.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71–87.
- Van Driel, J., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers’ practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137–158.
- Viennot, L., Chauvet, F., Colin, P., & Rebmann, G. (2005). Designing strategies and tools for teacher training: The role of critical details, Examples in optics. *Science Education*, 89(1), 13–27. <http://doi.org/10.1002/sce.20040>
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental Models of the Earth : A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535–585.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological functions*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wells, M., Hestenes, D., & Swackjamer, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, 63(7), 606.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press. Cambridge: Cambridge University Press.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 11(5), 577–586.
- Wilson, J., & Chalmers, I. (1988). Reading Strategies for Improving Students Work in the Chem. Lab. *Journal of Chemical Education*, 65(11), 996–999.
- Wilson, M. R. (2009). Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 716–730.
- Wilson, M. R., & Bertenthal, M. W. (2005). *Systems for State Science Assessment Mark*. Social Sciences. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008a). Beyond the Scientific Method : Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008b). How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310–378.
- 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.

# CAPÍTOL 8.

## GLOSSARI

---





**Activitat:** allò en el que s'involucra l'alumnat, allò que passa a l'aula (discussió, acció, implícits/explicitos, etc.)

**Alumnes:** en aquesta tesi quan hem parlat d'alumnes ens hem referit en concret als futurs mestres de primària en formació (ja que són els alumnes analitzats). En alguns casos s'ha usat el terme "alumne" o "estudiant" també per referir-se a l'alumnat en general (de qualsevol nivell).

**Dossiers dels seminaris:** per cada seminari i model hi ha un dossier que anaven seguint els alumnes.

**Tasca:** cada secció d'activitat dels alumnes guiada per un tros del dossier, i que correspon a una fase de un cicle/mini-cicle de modelització.

**Demanda:** aquella pregunta o acció requerida en una tasca, pel professor, etc.

**Cicle de modelització:** cicle compost de 6 fases per promoure que l'alumnat realitzi totes les pràctiques de modelització i que construeixi un model. Inclou l'objectiu didàctic i la seqüència instruccional.

**Escenari d'E-A:** activitat o tasca en la qual s'involucren els alumnes perquè es demana des de la seqüència instruccional dissenyada.

**Estratègia didàctica:** aquell input (comentari, demanda, etc.) que ha provocat que hi hagi un canvi del model o de modelització important.

**Model científic:** Entitat no lingüística abstracta caracteritzada a través d'una sèrie d'enunciats simbòlics, que s'expressen de diferents formes: lleis, principis, definicions, equacions, analogies, metàfores, imatges, maquetes, etc. (Adúriz-Bravo, 2008). Emfatitzar la naturalesa teòrica dels models, i per tant ens referim als models que la literatura anomena model conceptual (Glynn & Duit, 1996) o model teòric (Adúriz-Bravo, 2008). Fa referència a les "regles del joc" abstractes compartides per la comunitat científica que serveixen per explicar i predir fenòmens (Oh & Oh, 2011). Per a nosaltres, tots els models compleixen aquesta funcionalitat, però hi podem distingir dos tipus de models (interpretatius i descriptius), que expliquen i prediuen els fenòmens de forma diferent.

**Model científic escolar (MCE):** Transposició didàctica del model científic, és a dir, versió adequada per un cert nivell d'escolaritat/alumnes del model científic. Per tant, continua tenint aquest caràcter conceptual o teòric, però en comptes de ser compartit per la comunitat científica, en aquest cas és compartit per la comunitat educativa de l'ensenyament de les ciències. El MCE, tot i ser diferent al model científic, és prou proper per permetre avançar als alumnes cap al model científic. En el nostre cas, una expressió privilegiada del MCE és un **conjunt d'idees clau** que anem introduint de manera progressiva al llarg de la seqüència didàctica i que volem que l'alumnat vagi incorporant, construint o fent-se seu per poder predir i explicar fenòmens.

**Model científic escolar (MCE) apropiat o desitjat (*target model*):** la versió del MCE que volem que els alumnes s'apropiïn al llarg del procés d'E-A, és a dir, és un objectiu d'aprenentatge conceptual. En el nostre cas, expressem aquest MCE apropiat amb una afirmació o explicació que integra les idees clau del MCE treballades al llarg de la seqüència didàctica de forma adequada. També correspon al nivell més alt de la progressió d'aprenentatge del MCE.

**Nivell del model:** aquella versió del MCE apropiat que té un alumne en un determinat moment. Els diversos nivells del model que s'identifiquen empíricament són els que conformen la progressió d'aprenentatge empírica.

**Objectiu didàctic:** allò que volem aconseguir de l'alumnat. En el nostre cas ens referim a les pràctiques de modelització que volem aconseguir, consta de 6 fases i forma part del cicle de modelització.

**Progressió d'aprenentatge empírica:** Conjunt de diferents versions del MCE apropiat que poden tenir els alumnes en un moment donat, ordenat en nivells que van del més simple/inadequat al més sofisticat/complex/adequat. Ens referim a progressions empíriques perquè han estat construïdes empíricament (a partir de les respostes dels alumnes) i per tant són versions no correctes o prou adequades del model des del punt de vista científic (excepte el nivell superior que correspon al MCE apropiat). En el nostre cas, les progressions tenen quatre nivells, sent l'1 el menys adequat o allunyat del MCE apropiat i el 4 el més complex i corresponent al MCE apropiat.

**Seqüència didàctica:** Materials didàctics dissenyats i seqüenciats d'una manera determinada.

**Seqüència instruccional:** allò que hem de fer a l'aula per aconseguir l'objectiu didàctic. En el nostre cas ens referim a unes guies o recomanacions per a dissenyar una seqüència didàctica adequada per promoure la modelització a l'aula, consta de 6 fases i forma part del cicle de modelització.

**Sub-models:** parts en les quals es pot dividir el MCE apropiat i la resta de nivells de la progressió d'aprenentatge empírica i que corresponen a diferents dimensions o parts del model. Aquesta divisió pot servir per analitzar millor els alumnes i identificar exactament el nivell del model per a cada aspecte o dimensió d'aquest. Per exemple, pel model de flotació, els submodels serien "en termes de forces" i "en termes de densitat", i pel model de canvi químic, els submodels serien "macro", "micro-canvi físic" i "micro-canvi químic".

# CAPÍTOL 9.


## ANNEXOS

---



## Annex 1: Taula de limitacions més importants i canvis proposats a l'assignatura

Primer any (curs 2013-14)

Limitacions més importants	Exemples observats	Canvis proposats (alternatives de disseny)
<p><b>1. En els objectius de l'assignatura no es fa prou èmfasi en la pràctica de modelització ni en la construcció de models, la qual cosa no ajuda a l'alumnat a tenir clars quins són els objectius de l'assignatura</b></p>	<p>En els documents escrits la modelització forma part dels objectius de l'assignatura però no s'emfatitza prou com a pràctica científica especialment destacada de l'assignatura:</p> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center; background-color: #4a4a8a; color: white; margin: 0;"><b>Objectius de l'assignatura</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar i discutir els continguts de ciència escolar bàsics- <b>idees clau</b>- que es treballen a Primària.</li> <li>1. Aprofundir en la perspectiva del procés d'E/A de la <b>ciència escolar</b> com una <b>activitat</b> que integra <b>el fer</b> (indagació), <b>el parlar</b> (la comunicació) i <b>el pensar</b> (la modelització).</li> <li>2. Conèixer, proposar i avaluar activitats per afavorir el desenvolupament de la competència científica a primària.</li> </ol> </div> <p>En els documents tampoc es mencionen els models que es treballaran, sinó que es presenten els continguts conceptuals separats de les idees clau presentades anteriorment.</p> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center; background-color: #4a4a8a; color: white; margin: 0;"><b>Continguts</b></p> <p><b>Ensenyar i aprendre ciències avui.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendre sobre <b>la Terra i els seus canvis</b> a l'escola primària.</li> <li>• Aprendre sobre <b>els materials i els seus canvis</b> a l'escola primària.</li> <li>• Aprendre sobre <b>el cos humà</b> a l'escola primària.</li> <li>• Aprendre <b>els sistemes físics</b> a l'escola primària.</li> <li>• Els recursos per l'ensenyament de les ciències: <i>sortides de camp, TICs, laboratori...</i></li> </ul> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fer explícit l'objectiu de l'assignatura:</b> "Modelitzar per a construir models científics escolars"</li> <li>- <b>Mencionar els models científics escolars que es treballen i les idees clau com un tipus d'expressió privilegiada del model.</b> Ex. Els models científics escolars es componen d'unes idees clau. Els continguts d'aprendre sobre la Terra i els seus canvis es treballen dins del model canvi geològic, etc.</li> <li>- <b>Promoure la reflexió sobre els models (què són, per què ens centrem en models, etc.).</b> Ex. a través de preguntes del tipus: "Per què ensenyar geologia?", "Quins continguts, quins models?", i després de fer el cicle de les roques amb ceres: "Per què utilitzem les ceres per representar les roques?"</li> </ul>
<p><b>2. Tot i mostrar-se exemples d'activitats per fer a primària, no es fa una meta-reflexió didàctica sobre com ensenyar des del marc de l'ACE de modelització</b></p>	<p>A l'assignatura en moltes ocasions es presenten materials o propostes didàctiques per treballar diferents idees del model a primària, però no es reflexiona entorn a la modelització com a pràctica per promoure entre l'alumnat.</p> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center;"><b>D'ON VENEN? (provoquem canvis)</b></p> <p>Cadena de transformacions: "Seguim la pista a..." (les 'parts' del blat són les mateixes que les de la galeta?)</p>  </div> <p>Molts autors han ressaltat la importància de fer una reflexió explícita sobre les metodologies</p>	<p><b>Promoure la reflexió explícita entorn la modelització com a contingut didàctic a incorporar en una instrucció centrada en l'ACE, especialment després d'haver participat en les pràctiques de modelització.</b> Per exemple, reflexionar entorn el per què i el com d'aquelles pràctiques (Berland et al., 2015; Osborne, 2014), o l'apreciació de la importància de la modelització com una pràctica científica crucial (NRC, 2012). Ex. visualitzar vídeo-episodis sobre propostes didàctiques reals de primària (exemples de bones</p>

	utilitzades a l'aula per millorar la transferència als mestres (Iordanou & Constantinou, 2014; Martínez Chico et al., 2014; Martínez-Chico et al., 2014; Windschitl et al., 2008a).	pràctiques docents) i analitzar-les segons la metodologia que utilitza el mestre i el model que vol construir, preguntant: <i>“Explica, per a cada vídeo, quina idea clau treballa i valora la manera de treballar-la.”</i> Ex. Avaluar una proposta didàctica dels companys (co-avaluació dels vídeos sobre el model matèria) des d'un enfocament modelitzador (exemple de pregunta: <i>“En el vídeo s'expliquen els resultats de l'experiment en base al model?”</i> ). Ex. Realitzar un qüestionari final on se'ls hi demana identificar el tipus d'activitats que els hi han servit per aprendre ciències i reconèixer quina proposta didàctica segueix la metodologia utilitzada a l'assignatura.
<p><b>3. Algunes idees treballades no estan centrades en el MCE sinó que són de caire anecdòtiques, contextuais, o massa complexes/ sofisticades, la qual cosa provoca confusió en l'alumnat a l'hora d'estructurar les idees clau que ha de saber del model.</b></p>	<p>MODEL MATÈRIA: Al seminari Fira de partícules es feia un experiment sobre la tensió superficial, una idea massa complexa del model matèria: <i>“La tensió superficial. Omple tres vasos de precipitats amb aigua. En el primer vas posa unes gotes de detergent, en el segon posa-hi una cullerada de sucre, i en el tercer no hi afegixis res. Posa una mica (sempre la mateixa quantitat) de pólvores de talc a la superfície de l'aigua i observa què passa. Què tinc? Què faig? Què passa? Per què passa?”</i>.</p> <p>MODEL CANVI QUÍMIC:</p> <p>- Al seminari Canvi Químic es feia l'experiment de cremar un cacauet, on es treballaven idees massa complexes (càlcul numèric de l'energia alliberada): <i>“Calculem l'energia d'un cacauet. Peseu el cacauet amb el tap i anoteu la massa. Mesureu 10 ml d'aigua i poseu-la en el tub d'assaig. Mesureu la temperatura de l'aigua. Enceneu el cacauet i escalfeu l'aigua. Què passa? Quan el cacauet s'hagi cremat mesureu la temperatura de l'aigua. Calculeu la massa de cacauet cremat. Per què s'ha escalfat l'aigua? Per què pesa menys el cacauet? Com podem calcular l'energia alliberada?”</i></p> <p>- En l'experiment sobre l'oxidació del ferro (<i>“El ferro es rovella... i es crema”</i>) es narrava una història amb idees anecdòtiques i d'un altre model (ésser viu), sobre un filferro que es fa malbé per l'oxigen de l'aire i una planta que creix gràcies al gas que expulsen les persones.</p>	<p><b>Eliminar les idees que no són clau del model que es vol construir, i centrar les activitat i preguntes només en les idees del model (eliminant o modificant l'experiment o les preguntes per tal que es centrin en la idea clau).</b></p> <p>Ex. Eliminar els experiments de la tensió superficial (model matèria), i el de cremar un cacauet i de fer sucre cremat (model canvi químic).</p> <p>Ex. Modificar l'experiment d'oxidar el ferro (canvi químic), eliminant la narració i presentant-lo com una comparació de dos fenòmens semblants: cremar cartró i cremar ferro, perquè puguin comparar els dos tipus de reacció i treballar així la idea 4 del model: <i>“Hi ha diferents tipus de canvis químics, que es poden identificar per les diferents propietats d'abans i de després”</i></p> <p>Ex. En el dossier de la sortida al Montcau es van modificar algunes preguntes i demandes, intentant que s'enfoquessin en les idees dels agents externs com a causants dels canvis geològics: <i>“Ara que ja has vist exemples d'algunes de les dinàmiques que afecten a les</i></p>

	<p><b>Proposta d'activitat 3. El ferro es rovella...i es crema</b></p> <p><b>Narració</b>          El meu pare va estar enfeinat tot el dia. Va haver de fer un nou suport de filferro per la clavellina, que s'havia fet tan grossa i pesava tant que havia trencat el lligam que la mantenia subjectada a l'arbre, al costat del pou, i havia caigut a terra. I va haver de canviar la reixa mosquitera de les finestres de les golfes i d'algunes finestres més, perquè s'havia foradat.</p> <p>Deia que havia de treballar per culpa de l'aire, però la veritat és que no feia gens de vent i ningú entenia què volia dir. Ho deia amb una mitja rialla i es veia que tenia ganes que li preguntéssim què hi tenia a veure l'aire amb tot el que estava fent. Com que jo també estava intrigada, li vaig preguntar a l'hora de sopar. I ell em va explicar un munt de coses que mai havia escoltat: la que millor recordo <b>és que el aire no és tot igual</b>, que l'oxigen que serveix per respirar a les persones <b>fa malbé el ferro</b> i que <b>una part del gas que expulsem en respirar les persones</b> (i altres éssers vius, em va dir mon pare) les plantes l'aprofiten per <b>fer-se el seu aliment</b>...això sí, quan estan ben il·luminades pel sol. Per això la nostra clavellina està tan ufana, amb tantes persones xerrant sempre al costat del pou!</p> <p>- Al seminari Canvi Químic es feia l'experiment sobre fer sucre cremat i fer carbó, on es podria treballar la idea 4 del model (<i>"Hi ha diferents tipus de canvis químics, que es poden identificar per les diferents propietats d'abans i de després"</i>) però tal i com estava plantejada no promovia construir cap idea: <b>"Fem sucre cremat o fem carbó? Posem sucre en un tub de vidre i l'escalfem amb la flama d'una espelma. Què passa si no controlem el temps que posem el tub sobre la flama? Penseu el que passa a la cuina quan "cremem sucre". És possible que surtin gasos? En que ens hem de fixar per identificar-los?"</b></p> <p><b>MODEL CANVI GEOLÒGIC</b>          Al dossier de la sortida al Montcau es feien demandes que no formaven part del model de canvi geològic, com per exemple les definicions d'intensitat, cabal puntual i mitjà, etc.</p> <p>Aquestes intensitats van fer augmentar molt els cabals dels rius fet que va provocar els desbordaments.</p> <p>Expliqueu què és el cabal d'un riu.</p> <p>Els cabals registrats foren:          - Besòs: 1870 m<sup>3</sup>/s al tram final          - Llobregat: 1550 m<sup>3</sup>/s a Martorell (abans que la riera de Rubí desembocui al riu)</p> <p>Busqueu el cabal mitjà d'aquests dos rius i compareu-lo amb els enregistrats el dia del desbordament.</p>	<p><i>roques, com explicaries a un nen/a que les roques no són sempre iguals, sinó que canvien, i que aquest canvi sempre és provocat per una interacció amb un agent, en aquest cas un agent extern? Pots fer un dibuix o esquema amb una explicació que l'acompanyi."</i></p>
<p><b>4. Certes idees del model es comparteixen amb l'alumnat a l'inici de la sessió, abans</b></p>	<p><b>MODEL MATÈRIA/PARTÍCULA:</b> Es començava la sessió (abans de fer els experiments del seminari Fira de partícules) dient que s'havia d'utilitzar el model partícula per explicar els resultats dels experiments. Transcripció inici de la sessió (Vídeo Fira partícules 0006 (6'05'')):</p>	<p><b>No donar les idees del model a l'inici de la sessió / activitat, sinó anar-les compartint amb l'alumnat després de la realització de cada tasca de la sessió.</b>          Ex. Compartir les idees del model</p>



<p><b>de realitzar l'experiència on es treballarà aquella idea, la qual cosa només promou l'ús del model, però no l'expressió, l'avaluació o la revisió d'aquest.</b></p>	<p>Professora: <i>"Aneu a la vostra taula i interpreteu cada pràctica amb el model de partícules"</i>                  MODEL CANVI QUÍMIC: Es començava la sessió (abans de fer els experiments sobre canvi químic) explicant a l'alumnat que el model de partícula utilitzat fins llavors no servia per explicar els canvis químics com la combustió o oxidació, i que a partir d'ara havíem de pensar de què estan fetes les partícules, la qual cosa no promou que l'alumnat avaluï, revisi i construeixi el model.                  Transcripció inici de la sessió (Vídeo Canvi químic_28-10-13 (4'30")):                  Professora: <i>"En el model de partícules, que ens servia per explicar alguns canvis com els canvis d'estat, [...] és un model que ens explica moltes coses però no ens les explica totes. A vegades és imprescindible saber de què són les partícules, perquè no totes les "boles" reaccionen igual o es comporten igual. El model que tenim se'ns queda curt per explicar algunes coses"</i></p>	<p>matèria després de cada experiment (que la matèria està feta de partícules, que les partícules es configuren de diferent manera, etc.).                  Ex. Compartir les idees de canvis físics i químics després d'haver fet els experiments del seminari canvi químic (pastilla efervescent, oxidació el ferro, combustió del cartró, etc.)</p>				
<p><b>5. Els experiments es presenten en forma d'afirmació o s'inclou informació dels resultats a l'enunciat d'aquests, la qual cosa no promou sentir la necessitat d'un model.</b></p>	<p>MODEL MATÈRIA: Alguns títols dels experiments proposats pel seminari Fira de partícules donaven informació sobre els resultats, en comptes de plantejar-se en forma de pregunta: <i>"50+50 no sempre són 100!"</i>                  MODEL CANVI QUÍMIC:                  - Al seminari Canvi Químic es presentava l'experiment de rovellar ferro amb la següent afirmació: <i>"El ferro es rovella...i es crema"</i> i es donava informació sobre els resultats de l'experiment:</p> <div data-bbox="371 1305 1002 1462" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>He anat a observar el ferro de la tela mosquitera. No hi he vist res especial: simplement, s'ha rovellat, s'ha recobert d'una pols marró i s'ha anat esmicolant, ha perdut la flexibilitat que tenia abans. Per molt que penso, no puc comprendre que l'oxigen provoqui aquest canvi...</p> </div>	<p><b>Iniciar els experiments i activitats amb una pregunta que requereixi d'un model, sense dir quins seran els resultats de l'experiment, amb l'objectiu que els alumnes sentin la necessitat d'un model per explicar el fenomen.</b>                  Ex. Modificar el títol de l'experiment per la pregunta: <i>"50+50...quant suma?"</i>                  En l'experiment d'oxidar el ferro, canviar el títol per la pregunta: <i>"Passa el mateix amb el cartró que amb el ferro?"</i> i eliminar la informació que es donava dels resultats.</p>				
<p><b>6. Les preguntes dels experiments estan orientades a descriure els resultats, i no sempre a utilitzar el model per explicar-los, la qual cosa no promou la construcció del model.</b></p>	<p>MODEL CANVI QUÍMIC:                  - Al seminari Canvi Químic es feia l'experiment de la pastilla efervescent, on es feien preguntes de descripció dels resultats <i>"Mesureu la massa d'abans i després en cada cas"</i>, però no d'interpretació d'aquests en base a un model.</p> <div data-bbox="371 1697 1002 1798" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>- Fiqueu el comprimit dins l'ampolla i espereu que acabi l'efervescència per tornar a llegir la massa.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Massa abans</td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">Massa després</td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> </table> </div> <p>- Al seminari Canvi Químic es feia l'experiment sobre l'oxidació del ferro, on es feien preguntes de descripció dels resultats que no ajudaven a construir el model: <i>"què li ha passat al ferro? Pot ser que s'hagi cremat? [...] Si intento cremar el ferro, augmentarà o disminuirà la seva massa?"</i></p>	Massa abans		Massa després		<p><b>Passar d'una indagació més de caire manipulativa o descriptiva a una indagació basada en models, incorporant preguntes de caire explicatiu (on s'hagi d'utilitzar el model per explicar els resultats).</b>                  Ex. En l'experiment de la pastilla efervescent, incloure les preguntes: <i>"Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre? On ha anat la massa que falta?"</i>                  En l'experiment d'oxidar el ferro i cremar cartró, preguntar: <i>"Què ha canviat en el cas del cartró i del ferro? Com ho explicaries? Tenint en compte què ha canviat, creus que"</i></p>
Massa abans		Massa després				

	<p><b>MODEL CANVI GEOLÒGIC</b>                  En el seminari de cicle de les roques (on es feia ús de la plastilina com analogia de les roques) s'especificaven els processos geològics que pateixen les roques i es proposaven uns passos a seguir per simular-los (<i>"Per simular la diagènesi agafarem alguns dels sediments, els posarem dins d'un film transparent i els estrenyerem amb les mans durant 10 segons."</i>). En ells, se'ls hi deia el resultat que s'esperava que sortís (<i>"Al cap d'aquest temps veurem que els sediments han quedat compactats; ja tenim una roca sedimentària"</i>) i no se'ls hi demanava l'extrapolació d'allò fet en el model analògic als fenòmens reals del model geològic.</p>	<p><i>les dues són el mateix tipus reacció?"</i>                  En l'activitat del cicle de les roques, tot i explicar el procés geològic real, demanar als alumnes que pensin com ho farien amb la plastilina per representar-lo (<i>"Simula la diagènesi amb alguns dels sediments que has creat, intentant compactar el material per tal d'obtenir una roca sedimentària. Expliqueu com ho feu. Per què ho heu fet així?"</i>). Per últim demanar-los que extrapolin els resultats obtinguts amb la plastilina al model geològic real: <i>"De què depèn a la natura que una roca sedimentària sigui d'una manera determinada?"</i></p>
<p><b>7. No es demana expressar explícitament el model inicial ni utilitzar-lo per elaborar hipòtesis o primeres explicacions, la qual cosa no ajuda a adonar-se del seu model inicial per tal de modificar-lo després.</b></p>	<p><b>MODEL MATÈRIA:</b>                  - En l'experiment de barrejar aigua i alcohol, no es demanava fer cap predicció ni hipòtesis.  <b>EXPERIÈNCIA 1. 50+50 NO SEMPRE SÓN 100!</b>                  Poseu 50 ml d'aigua en una proveta i barregeu-los amb 50 ml d'alcohol. Cal que sigueu curosos amb les mesures. Quin és el volum total de la mescla?                  Escriu la conclusió d'aquest experiment. (Has de relacionar el que has observat amb el model)                  - En l'experiment de barrejar aigua i sal no es demanava expressar el model inicial, només fer prediccions de què passarà: <i>"Quantes cullerades creus que hi caben en un got d'aigua ple?"</i>                  - En l'experiment de la bomba de buit no es demanava dibuixar les partícules d'aigua líquida i gas abans de realitzar l'experiment.  <b>MODEL CANVI QUÍMIC:</b> En l'experiment de posar una pastilla efervescent amb aigua en una ampolla destapada i una altra tapada, es demanava fer la predicció de tipus descriptiu, però no justificar-la en termes del model (explicatiu): <i>"Feu la predicció de què marcarà la balança"</i>  <b>MODEL CANVI GEOLÒGIC:</b>                  - En la sessió del model terra, es presentaven als alumnes els dibuixos fets per alumnes de primària sobre els canvis en un còdol (el còdol abans i després), però no es demanava a l'alumnat de l'assignatura expressar el seu model inicial, fent els seus propis dibuixos.                  - En la sessió del cicle de les roques, no es demanava expressar el model inicial, sinó que es començava directament amb l'activitat del cicle amb plastilina.</p>	<p><b>Demanar l'expressió explícita del model inicial (elaborar dibuixos,...) o utilitzar el model inicial implícit (elaborar hipòtesis, primera explicació) individualment abans d'explorar el fenomen.</b>                  Ex. En l'experiment de barrejar aigua i alcohol, afegir una pregunta explicativa: <i>"Quin creus que serà el volum total de la mescla? Per què?"</i>                  En l'experiment de barrejar aigua i sal, demanar fer el dibuix de la predicció: <i>"Què passa quan barregem aigua i sal? Com variarà el volum? Com ens imaginem que està feta l'aigua i la sal per explicar això?"</i>                  En l'experiment de la bomba de buit, demanar l'expressió inicial del model: <i>"Dibuixa com t'imagines les partícules d'aigua líquida i gas."</i>                  En l'experiment de la pastilla efervescent, després de demanar la predicció, afegir una pregunta explicativa: <i>"Per què?"</i>                  En la sessió del model terra, abans d'ensenyar els dibuixos dels nens, demanar a l'alumnat dibuixar com ells creuen que eren els còdols abans i com seran després: <i>"Expliqueu com creieu que eren abans els còdols que trobem al barranc i com seran. Quines creieu que són les causes dels canvis?"</i>                  Abans de començar el cicle de les</p>

	<p><b>El cicle de les roques</b></p> <p>Totes les roques que formen el planeta Terra tenen un origen magmàtic, ja que quan el planeta es va formar, fa milions d'anys, al voltant del sistema solar, les temperatures eren molt elevades i les substàncies havien d'estar en un estat fos o semifós, com un magma.</p> <p>Des de la seva formació, la Terra és un cos que es va refredant. Així, mentre que les substàncies o materials que formen les roques sempre són els mateixos, en canvi, les roques es van modificant al llarg del temps, de manera que unes roques es transformen en unes altres.</p> <p>Tot i la diversitat que hi ha, les roques s'agrupen en tres classes principals, segons els processos pels que han passat. En aquesta activitat, veurem quins són aquests grans grups de roques i com es poden transformar les unes amb les altres, gràcies en aquests processos.</p> <p><u>Material</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ceres de tres colors diferents (de tres espelmes de colors diferents)</li> <li>• Ganivet de plàstic</li> <li>• Film transparent</li> <li>• Microones</li> <li>• Un vas de precipitats de 100 ml ple d'aigua calenta</li> </ul> <p>A cadascuna d'aquestes tres roques (les tres ceres) li anirem aplicant una sèrie de processos que en realitat estan tenint lloc a la natura i que ens serviran per reproduir els tres grans grups de roques que trobem avui en dia: magmàtiques, metamòrfiques i sedimentàries.</p>	<p>roques, demanar que observin 3 roques diferents i que expressin el seu model inicial: <i>“Com creieu que s’han format aquestes roques? Dibuixa com t’expliques els canvis que han patit relacionant aquestes fotos i explicant quins agents han afectat a cadascuna de les roques per transformar-la en l’altra.”</i></p>
<p><b>8. No es demana explicitar el model en altres moments de la seqüència, dificultant l’aclariment dels diferents aspectes del model i no promovent altres pràctiques com l’avaluació i revisió del model.</b></p>	<p><b>MODEL MATÈRIA:</b> En l’experiment de barrejar aigua i alcohol, no es demanava dibuixar com s’imaginaven les partícules després de fer l’experiment, només escriure la conclusió de l’experiment.</p> <p>- En l’experiment de la bomba de buit no es demanava expressar el model després de realitzar l’experiment, només l’explicació d’aquest: <i>“Obre el pot de buit i pren de nou la temperatura. Com t’expliques que l’aigua bulli a aquesta temperatura?”</i></p> <p><b>MODEL CANVI QUÍMIC:</b> En l’experiment de posar una pastilla efervescent amb aigua en una ampolla destapada i una altra tapada no es demana cap representació a nivell micro després d’haver fet l’experiment.</p>	<p><b>Incloure l’expressió explícita del model en diferents moments de la seqüència (amb dibuixos, esquemes, etc.), per exemple, quan es posa a prova el model de forma empírica (a més de demanar l’explicació dels resultats), o quan s’aporten nous punts de vista o informació teòrica (per tal de revisar millor el model).</b></p> <p>Ex. En l’experiment de barrejar aigua i alcohol, demanar dibuixar les partícules d’aquestes substàncies després d’haver realitzat l’experiment: <i>“com explicaries que el volum final és menor que l’inicial? Dibuixa les partícules d’aigua i alcohol.”</i></p> <p>En l’experiment de la bomba de buit demanar que tornin a dibuixar les partícules per explicar els resultats obtinguts: <i>“Com t’expliques que l’aigua bulli a aquesta temperatura? Pots acompanyar l’explicació d’un dibuix.”</i></p> <p>En l’experiment de la pastilla efervescent, a partir de donar una informació teòrica (la fórmula), representar la reacció amb peces de plàstic i dibuixar-la: <i>“Representa amb peces de plàstic aquesta reacció. Per fer-ho, escull un tipus de peça (color i forma) per cada element que has enumerat abans.</i></p>

		<p><i>Combina-les per formar els reactius. Dibuixa les estructures fetes. Després les estructures que has creat i utilitza les peces per crear els productes. Dibuixa-ho.”</i></p>
<p><b>9. No sempre es promou l'avaluació del model, facilitant l'obtenció de noves proves o aprofundint en l'exploració del fenomen.</b></p>	<p>MODEL MATÈRIA: - A la magistral matèria després del primer experiment (barrejar aigua i sal) on es consensuava que la matèria és discontinua (idea 1) no hi havia cap activitat per avaluar el model i construir la següent idea del model.</p>	<p><b>Incorporar experiments, fenòmens o preguntes que posin a prova el model inicial dels alumnes.</b> Ex. Després de construir la idea que la matèria és discontinua (idea 1) amb l'experiment de barrejar aigua i sal, incorporar l'experiment de posar aigua sobre dues plataformes (de plàstic i paper) per avaluar el model i anar construint la idea 2 (els enllaços entre partícules són diferents), preguntant: <i>“Si hi ha espais buits entre les partícules, per què l'aigua té un comportament diferent en contacte amb cada material?”</i></p>
<p><b>10. Els experiments no necessàriament s'han ordenat segons l'ordre de les idees del model, és a dir, de més senzilles a més complexes, sinó que es poden fer en qualsevol ordre.</b></p>	<p>MODEL MATÈRIA: - Al seminari Fira de partícules tots els experiments es feien simultàniament: els alumnes anaven rotant d'un experiment a un altre, de manera que cada grup començava i acabava en un experiment diferent. <i>“Teniu a cada taula dues pràctiques diferents. La idea és anar rotant. Quan acabeu la vostra, anireu a aquella que estigui lliure. Es tracta d'interpretar els fenòmens des del model de parts”</i> Vídeo <i>Fira Partícules1_21-10-13 (6'-8')</i></p>  <p>MODEL CANVI QUÍMIC: Al seminari Canvi Químic en l'experiment de la pastilla efervescent es demanava realitzar tres experiències simultànies: posar una pastilla efervescent amb aigua en una ampolla destapada, en una altra tapada i en una altra amb un globus a la boca de l'ampolla. Les dues últimes tenien el mateix objectiu: observar que la massa no varia. Ara bé, l'experiment del globus ajuda a visualitzar que la massa que faltava en l'ampolla oberta és un gas que s'ha alliberat, per tant el fet de presentar els 3 experiments alhora no ajudava a avaluar el model.</p>	<p><b>Ordenar els experiments per afavorir l'avaluació del model, de manera que cada idea connecti amb allò fet abans i es vagin construint cada vegada idees més sofisticades del model</b> (Izquierdo, Sanmartí, et al., 2007). Ex. Ordenar els experiments del seminari fira de partícules: 1) barrejar aigua i alcohol (Idea de <i>discontinuitat de la matèria</i>), 2) ebullició de l'aigua (<i>moviment de partícules</i>), 3) filtració de farina i aigua (<i>mida de partícules</i>) i 4) disseny d'una experiència per a primària (Didàctica). Ex. En l'experiment de la pastilla efervescent, fer-lo primer amb l'ampolla destapada i tapada i després preguntar <i>“què faries per comprovar on ha anat la massa que falta?”</i>. Després, proposar fer l'experiment amb un globus, amb l'objectiu d'obtenir unes noves proves que facin que els alumnes avaluïn el seu model, així com amb preguntes del tipus: <i>“Què creus que hi ha dins del globus? Com explicaries ara on ha anat la massa que faltava en l'ampolla oberta?”</i></p>

	<p><b>Proposta d'activitat 1. Pesa més, menys o igual?</b></p> <p>Heu de determinar si la balança marca el mateix en tres situacions diferents: amb el recipient obert, tancat amb un tap o tancat amb un globus.</p>	
<p><b>11. No s'inclouen tasques concretes de revisió del model que aportin una nova visió experta o afavoreixin la comparació d'idees entre iguals.</b></p>	<p>MODEL CANVI QUÍMIC: Al seminari Canvi Químic en l'experiment de la pastilla efervescent no es promovia la discussió entre iguals per a revisar el model amb cap pregunta i no hi havia cap aportació teòrica fins la posada en comú quan s'explicava la teoria.</p> <p>MODEL CANVI GEOLÒGIC: En la sessió del model terra, es presentaven als alumnes els dibuixos fets per alumnes de primària sobre els canvis que pateix un còdol (com és el còdol abans i com serà en el futur), sense demanar als futurs mestres fer els dibuixos, amb la qual cosa no es podia fer cap revisió del propi model.</p>	<p><b>Aportar nous punts de vista “no experts” (promovent la discussió entre iguals, mostrant altres idees equivalents,...) o informació teòrica (simulacions, fórmules, expressions sofisticades del model,...) en el moment adequat, és a dir, després d'avaluar el model, així com preguntes que ajudin a revisar (sofisticar i millorar) el model i que requereixin explicitar el model millorat.</b></p> <p><b>Ex.</b> Després de fer l'experiment de la pastilla efervescent i demanar que la representin amb peces de plàstic, preguntar: “<i>Quins elements hi ha abans (als reactius) i després (als productes)? Què es manté igual abans i després? Què ha canviat?</i>”.</p> <p><b>Ex.</b> Després d'expressar el model inicial de canvi geològic (dibuixos dels còdols), ensenyar els dibuixos d'alumnes de primària, i a continuació discutir les limitacions i punts forts de cada dibuix. Aquestes exemplificacions serveixen com a nous punts de vista o nova informació teòrica “no experta” que servirà per fer una revisió del seu model.</p>
<p><b>12. No es demana l'aplicació del model construït a un nou fenomen o experiment.</b></p>	<p>MODEL CANVI GEOLÒGIC: Després de treballar el model analògic del cicle de les roques amb plastilina, no es demanava utilitzar el model per explicar un altre fenomen.</p>	<p><b>Afegir tasques on es demani l'aplicació del model a noves situacions, és a dir, la utilització del model per predir o explicar un nou fenomen.</b></p> <p><b>Ex.</b> Després de fer el cicle de les roques, demanar que utilitzin el model per explicar la transformació que han patit les 3 roques presentades inicialment: “<i>Què creieu que li pot passar al granit per transformar-se en un gneis? i en sauló?</i>”</p>

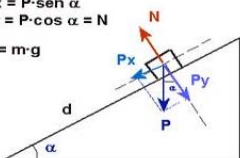
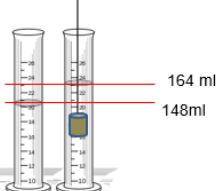


Segon any (curs 2014-15)

Limitacions més importants	Exemples observats	Canvis proposats (alternatives de disseny)
<p><b>1. No es reflexiona entorn les implicacions de treballar per modelització a l'aula, la qual cosa provoca en l'alumnat certa incertesa sobre la manera de treballar diferent de l'assignatura.</b></p>	<p>- A les reflexions inicials abans de començar l'assignatura, quan es demanava als alumnes com hauria de ser l'assignatura de didàctica de les ciències, alguns d'ells mostren visions didàctiques de caire transmissiu:  <i>"L'assignatura hauria de servir per aprendre a transmetre uns continguts"</i> (A2)  <i>"Penso que hauríem de fer contingut que es marca al currículum de medi per tal de després poder explicar-ho a l'aula"</i> (B6)                      D'altres mostraven una visió de caire merament pràctic:  <i>"Hauria de ser una classe pràctica, sense cap tipus de teoria."</i> (B22)  <i>"Han de ser classes molt pràctiques i visuals, on els alumnes puguin aprendre a través d'allò que toquen i observen"</i> (C15)                      A més, alguns ressaltaven la importància de fer una meta-reflexió didàctica a l'assignatura per ser més conscients de l'objectiu de l'assignatura:  <i>"Crec que tothom hauria de saber els continguts i els objectius de l'assignatura, per saber quina orientació seguirà la docent i finalment, autoavaluar l'assignatura i co-avaluar-la."</i> (B10)                      - Posteriorment a la participació en l'assignatura, a les respostes del qüestionari (concretament a la pregunta: <i>què has trobat a faltar a l'assignatura?</i>), els alumnes comentaven que els hi havia faltat, d'una banda, una meta-reflexió sobre la metodologia d'aula que es feia servir a l'assignatura:  <i>"A nivell de grup ha costat saber quina era la demanda"</i> (A9)  <i>"M'han faltat més lectures que expliquessin el que estàvem fent"</i> (A22)  <i>"Amb els experiments que es fan cal explicitar més què fem i perquè ho fem exactament."</i> (B1)                      Així mateix, també els hi mancava una meta-reflexió sobre la metodologia que ells com a futurs mestres haurien de fer a nivell de primària:  <i>"M'ha faltat avaluar més la funció com a mestre que no pas els aspectes científics"</i> (C12)  <i>"He trobat a faltar que m'ensenyin com explicar el temari als nens, per en un futur, no haver-m'ho d'inventar jo"</i> (B21)</p>	<p><b>Reflexionar explícitament sobre les implicacions de treballar fent modelització a l'aula de ciències des del principi de l'assignatura.</b>                      Ex. comentar que és normal no tenir clares les idees des del principi (incertesa), que per la construcció del coneixement implica passar de ser un espectador passiu a implicar-se activament en la tasca, que requereix d'un esforç cognitiu, etc.                      Ex. Modificar el qüestionari final fent preguntes més específiques de modelització que permetin reflexionar sobre la utilitat de les diferents pràctiques.</p>
<p><b>2. No s'incorpora una meta-reflexió sobre la naturalesa de les ciències,</b></p>	<p>A l'assignatura no es reflexiona sobre la naturalesa de les ciències, dels models o de la pràctica de modelització científica.                      - A les respostes al qüestionari (concretament, de la pregunta: <i>què has trobat a faltar a l'assignatura?</i>) es perceben visions sobre la naturalesa de les ciències i el</p>	<p><b>Fer una meta-reflexió sobre la naturalesa dels models científics i la modelització com a pràctica científica fonamental.</b>                      Ex. Comentar amb el grup</p>


<p><b>concretament la naturalesa dels models i la modelització, la qual cosa els pot donar una idea de la naturalesa de les ciències errònia.</b></p>	<p>coneixement científic poc adequades: el coneixement científic es concep com una veritat que s'ha d'aprendre i no com a una explicació del món:</p> <p><i>"He trobat a faltar més teoria i explicacions científiques i no tant conceptes concrets de nivell de primària. I més explicacions (no tant aprenentatge autònom)"</i> (C17)</p> <p><i>"Gairebé mai apareixien les raons purament científiques i això genera un gran dèficit de coneixement"</i> (B25)</p> <p>- En una de les tasques de caire didàctic que es demanava fer als alumnes (realitzar un vídeo en el qual proposessin un experiment i unes preguntes per a treballar una idea del model matèria), s'apreciava una visió similar, on els alumnes no saben l'explicació a un fenomen i l'han de preguntar al científic i aquest es presenta com un savi que té el coneixement i que és molt difícil d'entendre:</p> <p>Vídeo del Grup B4 (min 1:24): Títol del vídeo: <i>"Les científiques tenen la resposta"</i></p> <p>Vídeo del Grup B6 (min. 2:50):</p> <p><i>"- A nivell micro, sabríeu explicar el que passa? - No. - No..."</i></p> <p><i>- Cap problema, connectem amb el doctor Manex Torrealdaí des de San Sebastian."</i></p>    <p>Vídeo del Grup C6 (min 1:44): L'alumne que feia de científic explica amb un to profund: <i>"Una reacció química és el procés mitjançant el qual unes substàncies que nosaltres anomenem reactius es transformen en unes altres substàncies diferents que anomenem productes. Això implica un canvi en l'estructura dels electrons d'una o diverses molècules de les dues substàncies mitjançant el trencament i la formació d'enllaços químics. Dit amb altres paraules i per a que s'entengui..."</i> [es treu les ulleres i canvia l'entonació] <i>"Són aquells canvis que es caracteritzen per el fet que les substàncies inicials, és a dir els reactius, són diferents a les finals, és a dir, els</i></p> 	<p>algunes idees sobre la naturalesa dels models científics (<i>"un model no és la realitat, sinó una representació de la realitat", "quan representem àtoms o partícules, hem de tenir en compte que són representacions mentals, ningú ha vist mai un àtom", "no hi ha models correctes o incorrectes, sinó uns que expliquen millor o més fenòmens que altres", etc.</i>).</p> <p>Ex. Comentar amb el grup algunes idees sobre la naturalesa de la pràctica de modelització científica (<i>"la pràctica o activitat científica és sobretot mental, els científics no veuen la teoria en els experiments, sinó que proposen possibles models i els posen a prova, els revisen i els sofisticuen, de la mateixa manera que fem nosaltres a classe, amb l'objectiu de tenir uns models que expliquin millor la realitat"</i>)</p>
---	--	---



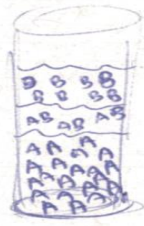
<p><b>3. Algunes idees treballades no estan centrades en el MCE sinó que són de caire anecdòtiques, contextuais, o massa complexes/ sofisticades, la qual cosa provoca confusió en l'alumnat a l'hora d'estructurar les idees clau que ha de saber del model.</b></p>	<p><i>productes"</i></p> <p><b>MODEL MATÈRIA:</b> El Power point del model matèria inclou algunes idees com les diferències entre objectes i substàncies, materials homogenis i heterogenis, mesclades i substàncies pures, però aquestes idees no són clau del model.</p> <p><b>MODEL INTERACCIONS MECÀNIQUES:</b></p> <p>- A la sessió magistral Sistemes físics, es treballava amb unes rampes i es parlava de la descomposició de forces, utilitzant vectors i fent ús d'unes idees massa sofisticades pel nivell i pel temps que hi havia (no donava temps a treballar-les).</p> <p><b>Forces implicades en el moviment per un pla inclinat</b></p> <p>Com intervé la força de la gravetat en la caiguda per un pla inclinat?</p>  <p> <math>P_x = P \cdot \sin \alpha</math>  <math>P_y = P \cdot \cos \alpha = N</math>  <math>P = m \cdot g</math> </p> <p>La força de la gravetat o pes (P) és una força que fa la Terra sobre l'objecte i està dirigida cap al centre de la Terra.</p> <p>a) La component tangencial del pes (<math>P_x</math>) està en la direcció del moviment i es per tant la causant del mateix (la part del pes que estira de l'objecte rampa avall)</p> <p>a) La component normal del pes (<math>P_y</math> o <math>P_n</math>) estira de l'objecte cap al pla inclinat, i per tant és la responsable del recolzament de l'objecte al pla</p> <p>- A la sessió del Seminari flotabilitat es demanava calcular el pes i la força d'empenta en Newtons, i s'explicava com calcular una força de manera matemàtica, la qual cosa és complexa i no necessària pel model que s'ha de construir a nivell de primària.</p> <p><b>Experiència 1 (aprofundiment)</b></p> <table border="1" data-bbox="406 1590 821 1769"> <thead> <tr> <th>Situació del cilindre</th> <th>Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)</th> <th>Força d'empenta (càlcul)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Penjant lliure (a l'aire)</td> <td>1,4 N</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tocant la superfície d'aigua</td> <td>1,4 N</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mig submergit a l'aigua</td> <td>1,35 N</td> <td>0,05N</td> </tr> <tr> <td>Submergit a l'aigua</td> <td>1,25 N</td> <td>0,15N</td> </tr> </tbody> </table>  <p>La força d'empenta de l'aigua sobre el cos submergit hauria de ser igual que el pes del volum d'aigua desplaçat (el pes del cilindre si "estigués fet d'aigua")</p> <p> <math>V_{H_2O} = 164ml - 148ml = 16ml</math>  <math>P \text{ (Pes)} = m \text{ (massa en kg)} \cdot \text{acceleració de la gravetat } (9,8 \text{ m/s}^2)</math>  <math>P \text{ de } 16ml \text{ d' } H_2O = 0,016 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,153 \text{ N}</math> </p>	Situació del cilindre	Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)	Força d'empenta (càlcul)	Penjant lliure (a l'aire)	1,4 N	0	Tocant la superfície d'aigua	1,4 N	0	Mig submergit a l'aigua	1,35 N	0,05N	Submergit a l'aigua	1,25 N	0,15N	<p><b>Eliminar les idees que no són clau del model que es vol construir, i centrar les activitat i preguntes només en les idees del model (eliminant o modificant l'experiment o les preguntes per tal que es centrin en la idea clau).</b></p> <p>Ex. Eliminar les idees del model matèria a nivell macro que no són clau, com "tipus de substàncies: homogènies/heterogènies, mesclades o substàncies pures"</p> <p>Ex. Eliminar l'activitat de les rampes i treballar amb altres fenòmens el concepte de forces, com per exemple, anant més en profunditat amb l'experiència de la caiguda lliure.</p> <p>Ex. Eliminar el càlcul de les forces i l'ús del dinamòmetre. Experimentar i pensar en les forces d'empenta i pes només de manera qualitativa.</p>
	Situació del cilindre	Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)	Força d'empenta (càlcul)														
Penjant lliure (a l'aire)	1,4 N	0															
Tocant la superfície d'aigua	1,4 N	0															
Mig submergit a l'aigua	1,35 N	0,05N															
Submergit a l'aigua	1,25 N	0,15N															

<p><b>4. Algunes idees dels models s'aprenen teòricament però no s'entenen realment (perquè no es saben usar per explicar fenòmens concrets).</b></p>	<p>MODEL FLOTACIÓ: Algunes idees del model flotabilitat com el valor de l'empenta estan incloses en el document escrit, l'alumnat se l'aprenia sense entendre-la veritablement.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px 0;"> <p>Un cos insoluble total o parcialment submergit en un <b>fluid</b> (líquid o gas) en repòs rep una força d'empenta igual al <b>pes</b> del volum del fluid que desallotja.</p> </div> <p>L'alumnat mostrava dificultats per utilitzar les idees del model en l'explicació de fenòmens concrets (per exemple, quan dos objectes del mateix pes i diferent volum s'enfonsen diferent, perquè tot i tenir el mateix pes, l'empenta és diferent).</p> <p>Transcripció. El grup 1 pregunta a la professora per què una pilota de porexpan sura i una de ferro d'igual massa s'enfonsa (Àudio G1 (part 2) 24'45"):</p> <p>A4: <i>"Tenim una pregunta: En el cas del volum [l'experiment de variar el volum però mantenir la massa], sí que ho hem sapigut explicar en densitat però no en forces. Perquè clar, quan nosaltres parlem de força, parlem del pes. [Les pilotes] tenen el mateix pes, perquè tenen la mateixa massa, però clar, una ens ha caigut i l'altra no... com podem explicar això en termes de forces?"</i></p> <p>Professora: <i>"Clar però no és per la massa, sinó per la densitat, perquè tot i tenir la mateixa massa, aquí [pilota de porexpan] tens un volum molt més gran."</i></p> <p>A4: <i>"Ja, en termes de densitat ja ho sabem explicar, però en termes de forces no. Per què la força que exerceix l'aigua sobre això [pilota de porexpan] perquè suri, i sobre aquest no [pilota de ferro]..., si els dos tenen el mateix pes?"</i></p> <p>Professora: <i>"Clar, perquè és el pes del volum de l'aigua que desallotja. No es el pes, és el volum de l'aigua que desallotja."</i></p> <p>- Transcripció. El grup 2 discutint entorn l'explicació de per què una pilota de plàstic plena d'aigua s'enfonsa més que la mateixa pilota de plàstic plena d'aire (Àudio G2 (part 2) 12'10"):</p> <p>A10: <i>"perquè l'empenta que ha de fer l'aigua..."</i></p> <p>Professora: <i>"aviam, l'empenta... d'empenta de l'aigua rep la mateixa"</i></p> <p>A10: <i>"a si?"</i></p> <p>Professora: <i>"sí, clar"</i></p> <p>A11: <i>"l'empenta sempre és la mateixa, el que passa que una vol dir la que..."</i></p> <p>A9: <i>"és més dens..."</i></p> <p>Professora: <i>"llavors, aquí [les pilotes], representa que l'empenta és la mateixa. Però això [pilota d'aigua] està ple d'aigua..., i pesa més"</i></p>	<p><b>Definir i incloure en el document escrit (power point) les idees clau del model, utilitzant un llenguatge proper a l'alumnat i connectat al fenomen escollit.</b></p> <p>Ex. Primera idea del model flotabilitat: <i>"Com més gran sigui el forat que vull fer a l'aigua, més força em fa l'aigua"</i>.</p> <p>Fer l'experiment d'enfonsar un got buit en aigua i "notar" la força que fa l'aigua a mesura que vols fer "un forat" més gran.</p>
<p><b>5. Algunes idees del model no es treballen perquè al ser</b></p>	<p>MODEL MATÈRIA:</p> <p>Tot i que les idees del model matèria a nivell macro estaven incloses en els materials de l'assignatura, aquestes no es treballaven amb cap activitat, a causa de</p>	<p><b>Dissenyar la seqüència didàctica en progressió, començant per les idees del model més senzilles (sense</b></p>

<p><b>senzilles es consideren superades per aquest nivell, però l'alumnat no mostra haver-les superat. Això suposa una limitació per incorporar les idees següents del model.</b></p>	<p>considerar-les idees massa fàcils o ja superades pel professorat en formació. En les progressions d'aprenentatge teòriques, molts autors (Smith et al., 2006) recomanen primer treballar a nivell macro les propietats de la matèria abans de començar a pensar a nivell micro, i a més vam poder identificar que els mestres en formació realment no dominaven aquestes idees.</p> <p>MODEL FLOTACIÓ: Al seminari de flotabilitat, els alumnes del grup 2 tenien molts problemes per avançar en la seva explicació de la flotació en termes de densitat, tal i com demanava la tasca, perquè no tenien clara la idea de densitat i utilitzaven el terme amb diferents significats (cada alumne tenia una idea de densitat diferent, com que és equivalent a la massa, o que no és característica de cada material). Transcripció d'un tros de discussió del grup 2 (Àudio G2 (part 2) 9'35''):</p> <p>A8: <u>"Sí mira, tu dius que la diferència està en la densitat, vale? Que aquesta (suro) pesa menys que aquesta (fusta) i per això flota més"</u></p> <p>A9: <u>"No.. Però una cosa és la massa i l'altra la densitat"</u></p> <p>A11: <u>"No, però la densitat és el pes del volum"</u></p> <p>A8: [pensa] <u>"Per això"</u></p> <p>A11: <u>"Per tant no té res a veure amb la densitat, té a veure amb la composició, simplement"</u></p>	<p><b>considerar-les superades) i seguint amb idees cada vegada més complexes.</b></p> <p>Ex. Dissenyar experiències per treballar la idea de les propietats de la matèria a nivell macro, donant als alumnes diferents materials, demanant que els descriguin, distingint les propietats intensives, les extensives, identificant i reflexionant sobre quines són característiques, etc.</p> <p>Ex. Promoure que els alumnes construeixin la idea de densitat, tant a nivell macro com micro, primer mesurant la massa i el volum de diferents trossos de plastilina, graficant les dades i reflexionant entorn la idea de densitat com a propietat única (característica) de cada material i després demanant representar la densitat a nivell micro amb peces de lego.</p>
<p><b>6. L'alumnat no té clares quines són les idees clau dels MCE que ha de saber i reclama la necessitat d'aclarir i rebre explícitament les versions definitives dels models.</b></p>	<p>A les respostes al qüestionari (concretament, de la pregunta: <i>què has trobat a faltar a l'assignatura?</i>) l'alumnat mostrava una opinió clara respecte la necessitat de tenir les idees del model ben clares al final, demanant al professorat que les compartís de manera explícita en algun moment després de la tasca/activitat:</p> <p>C8: <i>"Faltava una explicació més detallada del que havíem fet bé o malament, amb la finalitat de tenir una idea més clara i ser capaç de millorar i aprendre."</i></p> <p>C13: <i>"L'explicació dels conceptes importants després d'una tasca és necessària per resoldre possibles dubtes."</i></p> <p>C16: <i>"M'ha faltat fer una reflexió després de cada contingut, sobre el que hem après, aspectes rellevants, etc. hagués estat bé per finalment aconseguir la construcció del coneixement."</i></p> <p>C19: <i>"Necessitava una mica més de teoria i explicacions. Crec que hem passat per alguns aspectes de manera molt superficial."</i></p>	<p><b>Incloure per a cada model una fase on es faciliti l'estructuració de les idees individuals en un model final consensuat (fase 5) i compartir-les amb l'alumnat.</b></p>
<p><b>7. Les sessions inclouen masses tasques pel temps donat i no dona temps a acabar les activitats ni</b></p>	<p>En els qüestionaris, una proporció molt alta d'alumnes expressaven una de les mancances més importants de l'assignatura era la falta de temps per realitzar les tasques o experiments amb qualitat o per pair les idees del model treballades.</p> <p>A1: <i>"He trobat a faltar tenir més temps. La ciència és difícil per a mi i no em donava prou temps per fer un</i></p>	<p><b>Eliminar algunes idees del model que no siguin imprescindibles i les tasques que es realitzen per a la seva construcció.</b></p> <p>Ex. Eliminar l'activitat del cicle de l'aigua, la idea i</p>

<p><b>a pair les idees del model.</b></p>	<p><i>aprenentatge significatiu.</i>"  A25: "<i>Crec que hi va haver massa activitats en els seminaris i no vam tenir el temps suficient per fer-les bé i entendre-les bé.</i>"  A6: "<i>Pot ser no hi hauria inclòs tants temes i hauria aprofundit més en alguns. La manca de temps ha estat un dels aspectes a tenir en compte en la realització dels treballs</i>".  B20: "<i>Ens va faltar més temps. En 3 mesos vam haver de fer moltes activitats, tasques i aprendre molts conceptes, molt interessant, però sense prou temps.</i>"</p>	<p>l'experiment de la transferència energètica en el canvi químic, l'activitat de les rampes en el model d'interaccions mecàniques, etc.</p>
<p><b>8. Algunes idees del model incloses en els documents escrits (ex. Power Point) es treballen amb diferent profunditat, unes amb més profunditat i altres molt poca, de manera que no es promou la construcció sistemàtica de cada idea del model.</b></p>	<p><b>MODEL MATÈRIA</b>  A nivell micro, la idea de que les partícules poden estar unides més o menys fortament tampoc es treballava amb cap experiència.</p> <div data-bbox="651 593 1082 913" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>A nivell "micro"...</b></p> <p>Cal imaginar els materials formats per partícules:  iguals o diferents,  ordenades o desordenades,  unides fortament o no tant,  que es mouen molt o poc,  que es conserven en els canvis</p> </div> <p><b>MODEL CANVI QUÍMIC:</b> El Power point del model canvi químic inclou unes definicions sobre la diferència entre canvis físics i químics, però no hi ha cap activitat que faci als alumnes construir aquesta idea.</p> <div data-bbox="518 1102 965 1415" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>Canvis Químics</b></p> <p style="font-size: small;">Processos en que es modifica la naturalesa de la substància  També s'anomenen reaccions químiques.  Desapareixen substàncies (reactius) i se'n formen de noves (productes)</p>  </div>	<p><b>Dissenyar activitats per construir les idees que són clau del model, utilitzant experiments o fenòmens paradigmàtics que ajudin a construir cada idea del model.</b></p> <p>Ex. Treballar la idea a nivell micro de que les partícules poden estar unides més o menys fortament, fent l'experiment de posar aigua sobre cartró i sobre plàstic, demanant una explicació i dibuixant com s'imaginarien les partícules en cada cas.</p> <p>Ex. Dissenyar experiències (com els canvis d'estat de l'aigua) on es treballin els canvis físics a nivell macro i després passar a nivell micro (les partícules no es modifiquen, només la relació entre elles), i a continuació passar als canvis químics i discutir les diferències a nivell macro i micro.</p>
<p><b>9. Certes idees del model es comparteixen amb l'alumnat a l'inici de la sessió, abans de realitzar l'experiència on es treballarà aquella idea, la qual cosa només promou l'ús del model, però no l'expressió,</b></p>	<p><b>MODEL CANVI QUÍMIC:</b> Es començava la sessió (abans de fer els experiments sobre canvi químic) explicant a l'alumnat tots els experiments de la sessió eren canvis químics, que la matèria es transforma i que la massa es conserva (dues idees clau del model canvi químic).</p> <p>Transcripció inici de la sessió (Video Seminari Canvi químic 00012 5'30"): Professora: "<i>Farem coses que canviaran: els productes inicials seran diferents dels finals, però hi haurà una cosa que es conserva. I una cosa que sempre es conserva és la massa. Avui mesurarem molt, perquè la massa se'ns ha de conservar, per tant quan no es conservi ens haurem de preguntar què ha passat, on està.</i>"</p> <p><b>MODEL INTERACCIONS MECÀNIQUES:</b> Les idees del model es compartien amb l'alumnat abans de realitzar</p>	<p><b>No donar les idees del model a l'inici de la sessió / activitat, sinó anar-les compartint amb l'alumnat després de la realització de cada tasca de la sessió.</b></p> <p>Ex. Compartir les idees de canvis químics després d'haver fet els experiments del seminari (pastilla efervescent, oxidació el ferro, combustió del cartró, etc.)</p>



<p><b>l'avaluació o la revisió d'aquest.</b></p>	<p>les activitats dissenyades per treballar-les.</p> <p style="text-align: center;"><b>Que ens diu el model d'interaccions mecàniques? Resum</b></p> <p>1. Els objectes interaccionen entre ells. Podem interpretar aquestes interaccions entre objectes com <b>un parell de forces d'acció i reacció</b>: iguals i de sentit contrari aplicades a cada un dels cossos que interaccionen (3era llei de Newton)</p> <p>2. El canvi en l'estat de moviment d'un objecte (<b>acceleració</b>) és degut a l'actuació d'una <b>força resultant sobre l'objecte</b></p> <p>3. Si no hi ha força resultant sobre un objecte, bé perquè sobre ell no actuen forçes o bé perquè les que actuen es compensen en magnitud, direcció i sentit (<b>objecte en equilibri</b>), llavors l'objecte no canvia el seu estat de moviment (<b>roman repòs o continua amb la velocitat que porti</b>, sense modificar-la, en moviment rectilini uniforme).</p> <p>4. L'efecte de la <b>força resultant</b> sobre els objectes no és igual en tots ells: <b>depèn de la seva resistència a canviar el seu moviment</b> (massa)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.. Els cossos tenen tendència, degut a la seva inèrcia, a no canviar d'estat de moviment (1era llei de Newton)</li> <li>2. El canvi d'estat de moviment que es produeix en un objecte (acceleració) depèn de la força neta que rebí i de la inèrcia que tingui (massa) (2ona llei de Newton o <math>F_{\text{net}} = m \times a</math>)</li> </ol>	
<p><b>10. L'expressió del model demanada no és prou concreta, dificultant la construcció del model i la comunicació entre iguals i amb la professora.</b></p>	<p>A les discussions es va apreciar que en moltes ocasions l'alumnat començava a avaluar les seves idees quan es demanava l'expressió explícita del model. Episodi crític 6 – Grup2, durant la discussió sobre com dibuixar les partícules d'aigua i alcohol.</p> <p>A10: "Però, en realitat, m'agradaria posar algunes partícules A, B i algunes enmig AB."</p> <p>A9: "però serien igual, més petites, més grans, més dividides, o ...?"</p> <p>A11-A10: "serien iguals, però... em refereixo serien el doble d'una"</p> <p>A7: "Està bé, però llavors per què s'ocupen menys espai?"</p> <p>A9: "llavors ocuparien més espai"</p> <p>Ara bé, la demanda no era detallada (demanant la forma, mida, distància entre elles, etc) de manera que el dibuix final no expressava la riquesa que hi havia hagut a la discussió:</p> 	<p><b>Incloure tasques més concretes i detallades de l'expressió del model.</b></p> <p>Ex. Demanar diferents característiques de les partícules quan es demana dibuixar-les: <i>Dibuixa com t'imagines les partícules d'aigua en cada estat. Detalla aspectes com la mida, la distància entre elles, la ordenació, les forces d'atracció/enllaços, etc</i></p>
<p><b>11. Tot i promoure's les diferents pràctiques de modelització (utilitzar el model, expressar el model, etc.), aquestes no estan ordenades seguint un cicle concret.</b></p>	<p>MODEL INTERACCIONS MECÀNiques – FLOTACIÓ: Al seminari Flotabilitat, es demanava fer prediccions però no utilitzar o expressar el model inicial per justificar aquestes prediccions. A continuació sí que es demanava utilitzar el model per explicar els resultats, però el fet de no haver expressat el model inicial abans, feia que la obtenció de provés amb l'experiment no servís per avaluar el seu model.</p> <p><b>Abans de fer l'experiment</b>, pensa i discuteix amb els teus companys:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Què mesurarà el dinamòmetre quan hi pengem el cilindre? Com ho mesura?</li> <li>2. Què mesurarà el dinamòmetre quan hi pengem el mateix cilindre, però:             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 tocant la superfície d'aigua de la proveta?</li> <li>2.2 mig submergit a l'aigua de la proveta?</li> <li>2.3 totalment submergit a l'aigua de la proveta?</li> </ol> </li> </ol> <p><b>Fes ara l'experiment:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Quin és el resultat? Anota a la taula els valors obtinguts.</li> <li>4. Com pots explicar els resultats que has trobat amb el model d'interaccions mecàniques? Ajuda't dibuixant l'esquema de les forces que actuen en cada moment al cilindre.</li> </ol> <p>En la següent activitat, es donen a l'alumnat les idees</p>	<p><b>Transformar cada seqüència seguint el cicle de modelització: dissenyant activitats que promoguin les fases 2,3 i/o 4 per a cada idea del model i les fases 1,5 i 6 al menys de cada model.</b></p> <p>Ex. Al seminari flotabilitat, començar la sessió presentant uns fenòmens propers i fent la pregunta que requereixi del model "Per què suren o no suren les coses? De què depèn?" (Fase 1). A continuació demanar l'ús del model inicial, concretament de la primera idea del model, plantejant la pregunta: "Alguna vegada has intentat enfonsar una pilota dins l'aigua? Què passa? Per què</p>

	<p>que solen tenir els nens de primària sobre la flotabilitat (que depèn de la massa, el volum o la composició). Aquest input teòric podria servir per promoure la revisió del seu model, però la manera com es presenta la informació (com si fos errònia o s'hagués de comprovar) i el tipus d'activitat molt oberta (demanant el disseny d'un experiment per comprovar de què depèn la flotabilitat) no ajuda a l'alumnat a avaluar o revisar les idees del model.</p> <p>Per tal d'ajudar-los a confirmar o refutar aquestes idees, podem plantejar diferents activitats de treball experimental a l'aula. Per això, et proposem que <u>dissenyis un experiment</u> per demostrar si la flotabilitat dels objectes depèn de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) la seva massa</li> <li>b) el seu volum</li> <li>c) la seva composició</li> </ul> <p>Transcripció d'un tall de discussió quan el grup 1 intenta comprovar la tercera variable (composició) (Àudio G1-part 2):  A4: <u>"Pues fem la última, que diu: "composició". Hauríem de fer mateix volum, mateixa massa i diferent composició. Fes-la amb la plastilina. Escollim una i fem una bola de plastilina"</u>  A1: <u>"però fer mateix volum i mateixa massa... saps? Ah! Mateixa massa!"</u>  A4: <u>"mateixa massa" [reafirmant]</u>  A3: <u>"amb la plastilina</u>  A4: <u>"ja, però mateix volum, mateixa massa?"</u></p>	<p><i>creus que passa?"</i> (Fase 2). Després es demana posar a prova el model de forma empírica amb l'experiment <i>"Quant costa fer un forat a l'aigua?"</i> (Fase 3). Es tornen a repetir aquestes fases per la idea 2 del model i a continuació s'aporta una nova informació teòrica per revisar el model a amb una base d'orientació i demanant interpretar dues situacions d'equilibri (Fase 4). Després es posen en comú les idees, consensuant-les en un model més sofisticat (Fase 5) i finalment es promou la transferència per aplicar el model a una nova situació: la flotabilitat d'una llauna de coca-cola light i una de coca-cola normal en un recipient en aigua.</p>
--	--	---

## Annex 2. Qüestionari Pilot (curs 2014-2015) i Qüestionari Modificat (curs 2015-2016)

### Qüestionari pilot de l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals" (curs 2014-15)

Per tal de conèixer les vostres idees sobre l'assignatura, us demanem que respongueu aquest qüestionari amb total sinceritat i amb la major claredat possible. Les vostres respostes serviran per millorar l'assignatura i l'ensenyament de les ciències en general, en cap cas per avaluar-vos.

**1. Quines coses (activitats, dinàmiques, tasques...) de les que hem fet a l'assignatura t'han ajudat a aprendre més (de ciències i a ensenyar ciències)?**

Aprendre de ciències : .....

.....

.....

Aprendre a ensenyar ciències:.....

.....

.....

**2. A continuació us presentem una sèrie d'activitats que hem desenvolupat a classe. Fes una creu a les 5 activitats que t'han servit més per construir els models de ciències i a continuació explica per què. Pots recolzar-te en algun moment concret viscut a classe a mode d'exemple.**

Activitat o pràctica científica escolar	
1. Plantejar hipòtesis abans de realitzar un experiment (ex. respondre a la pregunta "com creus que variarà la massa? Per què?") o fer dibuixos sobre com m'imagino inicialment un procés (ex. fer el cicle de l'aigua, el recorregut d'una poma o com m'imagino l'aigua i la sal dissolta)	
2. Fer un experiment utilitzant diversos instruments (ex. fer bullir aigua amb la bomba de buit, utilitzar provetes, pinces de laboratori, observar les pastilles efervescents,...)	
3. Dur a terme models analògics (ex. el cicle de les roques amb cera, la maqueta de nutrició o l'ús de peces de plàstic per representar una reacció)	
4. Intentar explicar un fenomen (ex. "com s'ha pogut formar la cova Simanya?") Intentar explicar els resultats obtinguts en un experiment (ex. cremar una llana de ferro i respondre a la pregunta: "per què creus que el ferro ha augmentat la massa?")	
5. Començar el tema escoltant les idees clau sobre cada model (canvi geològic, canvi químic, forces, nutrició...) explicades per la professora a les classes magistrals	
6. Intentar fer de mestre dissenyant jo mateix una activitat per fer a primària (ex. fer vídeo)	
7. Després de fer un experiment, haver de repensar l'explicació perquè els resultats no quadren amb la meua explicació inicial (ex. quan pensàvem que l'aigua bullia a 100°C i després bullia a menys Tª)	
8. Aprendre noms científics (ex. oxidació, meteorització,...), cultura científica (ex. principi d'Arquímedes) o continguts del currículum de ciències a primària.	
9. Fer auto-avaluació o co-avaluació (del cicle de l'aigua, de la tasca d'explicar la separació d'aigua i sal, o dels vídeos sobre el model matèria)	
10. Rebre les correccions de la professora o que ens doni la resposta correcta després de fer una tasca (ex. Magistrals després del seminari)	
11. Fer lectures d'articles relacionats amb el model que estem treballant (ex. "Treballar el cicle de l'aigua des de la perspectiva dels models explicatius")	
12. Conèixer com fer un experiment a l'aula de primària o veure exemples reals de les respostes que donen els alumnes (ex. els dibuixos dels còdols dels nens)	
13. Replantejar-me la explicació que havia donat a un fenomen després d'escoltar una idea nova d'un company o la informació donada per la professora (ex. quan la professora va explicar que la velocitat de caiguda no depèn de la massa d'un cos)	
14. Intentar solucionar un problema que no entenc (ex. buscant informació a Internet o pensant amb els meus companys)	



**Per què has escollit aquestes 5?**

.....  
 .....  
 .....

**3. Què has trobat a faltar que t'hagués ajudat a aprendre més o millor?**

.....  
 .....

**4. Llegeix aquestes tres propostes d'activitats d'aula i respon les preguntes a continuació:**

**Proposta 1. Dissenyem el millor filtre per netejar l'aigua!**

Es demana als alumnes que agafin una ampolla amb aigua i hi posin diferents substàncies per embrutar-la. Es pregunta: "com podríem netejar l'aigua el millor possible?" i se'ls hi demana que pensin en un possible disseny experimental per filtrar l'aigua. En grups petits, pensen diferents estratègies, duen a terme l'experiment pensat i prenen nota dels resultats obtinguts amb cada filtre. Cada grup presenta el seu filtre a la resta de la classe, descrivint quines substàncies ha deixat passar i quines no. Al final entre tots es decideix quin és el millor filtre, i per votació s'escull el millor.

**Proposta 2. Per què passa o no passa pel filtre?**

En grups petits, als alumnes se'ls presenten dues ampolles: una amb aigua neta i l'altra amb aigua bruta. Es demana als alumnes que dibuixin què hi ha en cada ampolla i com s'imaginarien una gota per dins. Es donen als alumnes 2 tipus de filtres (reixeta metàl·lica i paper de filtre) i se'ls hi demana que pensin què creuen que passarà en cada cas. Els alumnes fan hipòtesis, filtren l'aigua bruta amb cada filtre i prenen nota dels resultats obtinguts. Després, se'ls hi pregunta: "Per què algunes substàncies passen per la reixeta metàl·lica i altres no? I pel paper de filtre?" En grups petits, discuteixen i redacten les seves explicacions.

**Proposta 3: Què contamina més?**

La mestra explica que per netejar aigua bruta es poden utilitzar diferents filtres, però aquests no sempre separen tot el que hi ha en l'aigua perquè algunes de les substàncies passen pels forats del filtre. En grups, es demana als alumnes que facin una llista de coses que tiren habitualment per l'aigüera i quines creuen que es poden netejar amb un filtre. Fan una cerca a internet sobre quines substàncies son habitualment netejades a les depuradores, i miren si les seves idees coincideixen amb la informació trobada. Al final, els alumnes han de fer una activitat al seu barri conscienciant a la gent de que és molt important no tirar coses per l'aigüera per no contaminar el medi natural.

**4.1. Què creus que es pretén que aprenguin els alumnes (objectiu didàctic) en cada cas?**

**Prop. 1:** .....  
**Prop. 2:** .....  
**Prop. 3:** .....

**4.2. Quina proposta s'assembla més al que hem fet a l'assignatura?.....**

**4.3. Si tu demà haguessis de fer classes de ciències, quin dels tres models creus que s'assemblaria més al que tu aplicaries i per què?**

.....  
 .....  
 .....

Qüestionari modificat de l'assignatura "Didàctica de les ciències experimentals" (curs 2015-16)

Per tal de conèixer les vostres idees sobre l'assignatura, us demanem que respongueu aquest qüestionari amb total sinceritat. Les vostres respostes serviran per millorar l'assignatura, en cap cas per avaluar-vos.

**1.1. Quines activitats de les que hem fet a l'assignatura t'han ajudat més a aprendre ciències?**

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**1.2. Què has trobat a faltar a l'assignatura que t'hagués ajudat a aprendre més o millor?**

.....  
 .....  
 .....

**2.1. A continuació us presentem una sèrie d'activitats que hem desenvolupat a classe. Fes una creu a les 5 activitats que t'han servit més per aprendre els models de ciències.**

<b>1. Pensar què passarà i perquè</b> abans de realitzar un experiment (ex. respondre a la pregunta "com creus que variarà la massa? Per què?") o <b>fer un dibuix inicial</b> sobre com m'imagino un fenomen (ex. "com t'imagines que és per dins l'aigua i la sal dissolta?")	
<b>2. Fer experiments i treball de laboratori</b> de manera autònoma utilitzant diversos instruments i materials (ex. enfonsar el got en aigua, cremar llana de ferro, escalfar el glaçó de gel amb el bec bunsen, utilitzar la balança, el peu de rei, la bomba de buit...)	
<b>3. Fer l'esforç d'aplicar les idees del model</b> que hem après en un fenomen nou (ex. "fer un dibuix i una justificació de la història del Montcau" o "explicar amb forces i densitat la flotabilitat de 2 coca-coles")	
<b>4. Tenir ben redactades</b> , al final de cada tema, <b>les idees clau del model</b> que hem treballat (ex. diapositives del power point on estan escrites de manera més científica i correcte les "idees clau" o la base d'orientació per aplicar el model discutit a classe).	
<b>5.</b> Després de fer un experiment, <b>adonar-me fins a quin punt els resultats quadren</b> amb la meua explicació o dibuix inicial (ex. quan després de veure la pastilla efervescent en aigua, ens tornàvem a plantejar si era un canvi físic o químic; o quan després de fer l'experiment de passar aigua pel paper de filtre o posar sal en un got ple d'aigua, tornàvem a dibuixar l'aigua, el paper de filtre i la sal)	
<b>6. Aprendre noms</b> o vocabulari científic rellevant en el tema (ex. oxidació, meteorització,...), <b>fórmules</b> importants (ex. la fórmula de la combustió) o <b>principis</b> científics (ex. principi d'Arquímedes)	
<b>7. Replantejar-me i revisar la explicació</b> que havia donat a un fenomen després d'haver treballat aquell tema (ex. després del seminari del cicle de les roques tornar a explicar la història del còdol, o després del seminari de canvi químic, tornar a dibuixar les partícules d'un dels canvis físics i químics)	
<b>8. Veure exemples de produccions i activitats</b> sobre els models estudiats a <b>l'aula de primària</b> (ex. els nens treballant amb les rampes o esmicolant galetes, els seus dibuixos dels còdols o dels estats de la matèria a nivell micro, etc.)	
<b>9. Consensuar la millor explicació a un fenomen</b> conjuntament amb tota la classe després de discutir amb companys i professora (ex. quan vam dibuixar a la pissarra les forces sobre els gots que suraven, i les vam millorar amb les aportacions fetes, o quan comparàvem els dibuixos de l'aigua i el paper de filtre i decidíem quin explicava millor el que havíem observat)	
<b>10.</b> Fer una <b>co-avaluació</b> de la tasca dels companys utilitzant una graella on s'han d'identificar diferents aspectes (ex. co-avaluar els vídeos sobre el model matèria dient si fan prediccions, si l'explicació micro és adequada, si hi ha coherència, etc.)	
<b>11. Fer lectures d'articles</b> relacionats amb el model que estem treballant (ex. la lectura sobre el model matèria "Aprenent a modelitzar la matèria" o "El estudio del cuerpo humano en la etapa de primaria")	
<b>12.</b> Que l'activitat comenci amb una <b>pregunta que em fa mirar el fenomen d'una manera determinada</b> (ex. preguntar-nos "quina propietat determina el material?" per pensar en una propietat important com la densitat o "la sal ocupa lloc?" per pensar en els espais entre partícules)	

**2.2. Per què has escollit aquestes 5 activitats?**

Act \_\_\_\_:.....  
 .....  
 Act \_\_\_\_:.....  
 .....  
 Act \_\_\_\_:.....  
 .....  
 Act \_\_\_\_:.....  
 .....  
 Act \_\_\_\_:.....  
 .....

**3. Llegeix aquestes tres propostes d’activitats d’aula i respon les preguntes a continuació:**

**Proposta 1. Dissenyem el millor filtre per netejar l’aigua!**

Es demana als alumnes que agafin una ampolla amb aigua i hi posin diferents substàncies per embrutar-la. Es pregunta: “com podríem netejar l’aigua el millor possible?” i se’ls hi demana que pensin en un possible disseny experimental per filtrar l’aigua. En grups petits, pensen diferents estratègies, duen a terme l’experiment pensat i prenen nota dels resultats obtinguts amb cada filtre. Cada grup presenta el seu filtre a la resta de la classe, descrivint quines substàncies ha deixat passar i quines no. Al final entre tots es decideix quin és el millor filtre, i per votació s’escull el millor.

**Proposta 2. Per què passa o no passa pel filtre?**

En grups petits, als alumnes se’ls presenta una ampolla d’aigua bruta i 2 tipus de filtres (reixeta metàl·lica i paper de filtre). Es demana als alumnes que dibuixin com s’imaginen una gota d’aigua bruta per dins i com s’imaginen que passarà l’aigua a través de cada filtre. Després, els alumnes filtren l’aigua amb cada filtre i prenen nota dels resultats obtinguts. Després tornen a dibuixar com creuen que és l’aigua i els filtres per tal que algunes substàncies passin pels filtres i altres no. Al final comparen els seus dibuixos amb els dels companys per consensuar un model final millor que expliqui aquest fenomen.

**Proposta3: Què contamina més?**

La mestra explica que per netejar aigua bruta es poden utilitzar diferents filtres, però aquests no sempre separen tot el que hi ha en l’aigua perquè algunes de les substàncies passen pels forats del filtre. En grups, es demana als alumnes que facin una llista de coses que tiren habitualment per l’aigüera i quines creuen que es poden netejar amb un filtre. Fan una cerca a internet sobre quines substàncies son habitualment netejades a les depuradores, i miren si les seves idees coincideixen amb la informació trobada. Al final, els alumnes han de fer una activitat al seu barri conscienciant a la gent de que és molt important no tirar coses per l’aigüera per no contaminar el medi natural.

**3.1. Quina proposta s’assembla més al que hem fet a l’assignatura?.....**

**3.2. Si tu demà haguessis de fer classes de ciències, quina de les tres propostes creus que s’assemblaria més al que tu faries? Explica-ho.**


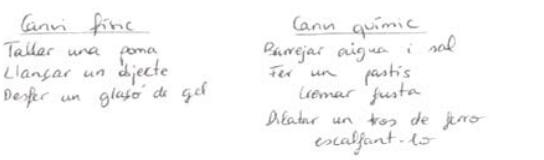


.....  
 .....  
 .....

**4. En aquestes classes hem seguit una manera de fer ciències concreta. Si haguessis d’explicar a algú que no coneix l’assignatura quina forma d’ensenyar ciències hem fet servir, com ho explicaries?**

.....  
 .....  
 .....


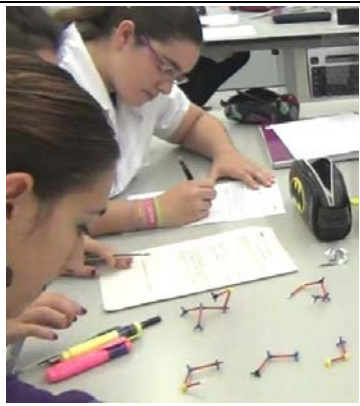
## Annex 3. Esquema de les seqüències didàctiques de modelització per a la construcció dels MCE de canvi químic i flotació

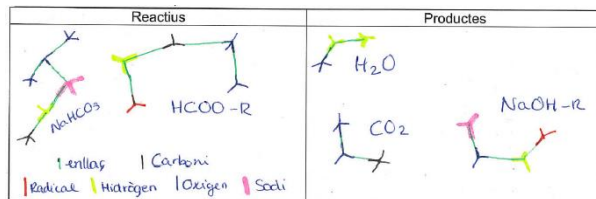
### Esquema de la seqüència didàctica de modelització per a la construcció del MCE de canvi químic

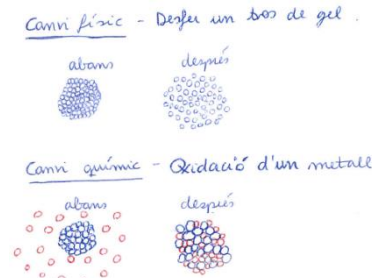


Activitat realitzada	Fase de la seqüència	Objectiu didàctic	Idea del model
<p><b>Tasca Canvi 1</b>  <b>Introducció:</b> En gran grup es pregunta “<i>què vol dir canvi?</i>” i es presenten imatges quotidianes de diferents canvis. Es comenta que no tots els canvis són del mateix tipus i que l'ésser humà els ha volgut classificar. Es connecta amb la tasca per fer a casa preguntant: “<i>Com classificaríem aquests canvis?</i>”</p>	 <p>1. Presentar un fenomen quotidià i una pregunta guia que requereixi d'una explicació.</p>	<p>1. Sentir la necessitat d'un model</p>	<p>Idea 1: Modificació de la substància</p>
<p><b>Tasca Canvi 2</b>  <b>Tasca prèvia – primera part (individual):</b> Es demana classificar diversos canvis (ex. barrejar aigua i sal, cremar fusta, tallar una poma, etc.) en grups diferents i justificar la classificació. L'alumnat respon individualment per escrit.</p>	 <p>2. Demanar l'ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions)</p>	<p>2. Expressar /Utilitzar el model inicial (individualment)</p>	
<p><b>Tasca Canvi 3</b>  <b>Discutir la tasca prèvia:</b> En petit grup, es demana compartir la tasca prèvia, discutint/relacionant els fenòmens amb la interpretació feta respecte a la classificació i les explicacions dels canvis.</p>	 <p>3. Posar a prova el model de forma empírica: Aprofundint en l'exploració del fenomen</p>	<p>3. Avaluar el model (analitzar el grau d'ajust / posar a prova)</p>	
<p><b>Tasca Canvi 4</b>  <b>Posada en comú:</b> Després, una persona de cada grup petit comparteix amb el gran grup la classificació a la qual han arribat i s'explica el perquè.</p>	 <p>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / info teòrica: - Afavorint la comparació d'idees entre iguals (discussió, exemplificació)</p>	<p>4. Revisar el model (sofisticar i millorar aspectes concrets inadequats)</p>	







<p><b>Tasca Canvi 8</b>  <b>Act. 1. Pesa més, menys o igual?</b>                  En grup petit es proposa fer l'experiment de posar dues pastilles efervescents en dues ampolles d'aigua, una deixar-la destapada i l'altra tapada. Es demana mesurar i observar com varia la massa abans, i explicar els resultats: "Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre? On ha anat la massa que falta? Què podries fer per comprovar-ho?". L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p> <p><b>Act 1. (part 2) Ho podem veure?</b> Es proposa realitzar el mateix experiment però posant un globus al cap de l'ampolla i explicar els resultats: "Què creus que hi ha dins del globus? Això et fa repensar la teva explicació sobre a on havia anat la massa que faltava en l'ampolla oberta? On estava aquest gas abans de fer la reacció? De què creus que pot estar fet el comprimit?" L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<p><b>3. Posar a prova el model de forma empírica:</b>                  - Facilitant l'obtenció de proves.</p>	<p><b>3. Avaluar el model</b> (analitzar el grau d'ajust / posar a prova)</p>	<p>Idea 3. Conservació de la massa.                  +                  Idea 2. Re-configuració interna</p>
<p><b>Tasca Canvi 9</b>  <b>Act. 2: Què hi havia abans i després?</b> Es dona la fórmula de la reacció química de la pastilla efervescent en aigua. En grup petit, es demana: "Després de veure la reacció, podries dir què era exactament (quin compost era) la massa que faltava en l'ampolla oberta? Identifica quins són els elements (ex. Oxigen=O, Sodi=Na...) que hi ha abans i després". A continuació es demana que representin la reacció amb peces de plàstic (tipus Lego) i que dibuixin les estructures creades. Finalment, es demana: "Què ha canviat? Què es manté abans i després? S'ha creat algun element nou?"                  Exemple de producció d'un alumne:</p>		<p><b>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b>                  - Aportant la visió experta (simulació, expressions sofisticades del model,...)                  - Afavorint la comparació d'idees entre iguals (discussió, exemplificació d'idees,...)</p>	<p><b>4. Revisar el model</b> (sofisticar i millorar aspectes concrets inadequats)</p>	



<p><b>Tasca Canvi 10</b>  <b>Després de l'Act. 1 i 2:</b> En gran grup es consensuen les explicacions, representacions i idees clau. Es comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.                  Exemple d'idees clau de l'activitat 2:</p>	<p style="text-align: center;"><b>Idees clau Activitat 2:</b>  <b>Les partícules es reconfiguren, no es crea ni es destrueix res</b></p> <hr style="border: 2px solid blue;"/> <p><b>A nivell micro (com m'ho imagino?):</b>                  ☐ Quan les substàncies interaccionen per formar noves substàncies, les partícules de les substàncies originals s'associen de manera diferent, de manera que formen un compost diferent.</p> <p>☐ Conèixer els <b>compostos i elements</b> que intervien en la reacció ens dona <b>informació per entendre què passa</b> a nivell macro (ex. en una combustió s'emeten gasos com el CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O i per això la massa que mesurem a la balança disminueix)</p> <p>☐ En els canvis químics <b>no es crea ni es destrueix res</b> (cap partícula ni cap component d'aquesta), només es <b>reconfiguren</b> les partícules de manera diferent.</p> <p>☐ Per tant, els elements que trobem als reactius són els mateixos que trobem als productes (ex. Na, H, C, O), però combinats de manera diferent.</p> <p style="text-align: center;"><small>NaHCO<sub>3</sub> + HCOO-R → NaOH-R + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub></small></p>	<p><b>5. Facilitar l'estructuració de les idees en un model final consensuat</b></p>	<p><b>5. Expressar/Consensuar un model final</b></p>	<p><b>Idea 3. Conservació de la massa. + Idea 2. Re-configuració interna</b></p>
<p><b>Tasca Canvi 11</b>  <b>Tasca individual (per fer a casa):</b> Es proposa escollir uns nous fenòmens concrets, un de canvi físic i un de canvi químic, dibuixar les partícules a nivell micro i justificar el dibuix. Exemple de producció d'un alumne:</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Canvi físic - Desgel un tros de gel.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Canvi químic - Oxidació d'un metall</i></p>	<p><b>6. Promoure la transferència per aplicar el model a noves situacions</b></p>	<p><b>6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen</b></p>	<p><b>Idees 1, 2, 3</b></p>
<p><b>Tasca Canvi 12</b>  <b>Abans de l'Act. 3:</b> En petit grup, es planteja l'ús del model per explicar dos nous fenòmens on es produeix un canvi: "Què creus que passarà amb la seva massa en cada cas? Per què?" (per començar a pensar que hi ha diferents tipus de canvis químics). L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>	<p style="text-align: center;">Abans de l'activitat...</p> <p>☐ Què creus que passarà amb la seva massa en cada cas?</p> 	<p><b>2. Demanar l'ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions)</b></p>	<p><b>2. Expressar/Utilitzar el model inicial (individualment)</b></p>	<p><b>Idea 4. Tipus de canvis químics</b></p>
<p><b>Tasca Canvi 13</b>  <b>Act. 3. Passa el mateix amb el cartró i amb el ferro?</b> En petit grup, es proposa fer l'experiment de "cremar" un tros de cartró i un tros de llana de ferro, prendre nota dels canvis i explicar els resultats: "Creus que els dos són canvis químics? Per què? Tenint en compte què ha canviat, creus que les dues són el mateix tipus reacció? Explica per què." L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<p><b>3. Posar a prova el model de forma empírica:</b>                  - Facilitant l'obtenció de proves.</p>	<p><b>3. Avaluar el model (analitzar el grau d'ajust/ posar a prova)</b></p>	



<p><b>Tasca Canvi 14</b>  <b>Act. 3. (segona part)</b> A continuació, es dóna la fórmula de la combustió del cartró i la oxidació del ferro. En grup petit, es demana: <i>“Tenint en compte les reaccions, explica: com pot ser que la variació de la massa en el cas del ferro i en el cas del cartró sigui diferent?”</i> L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<p><b>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b>          - Aportant la visió experta (simulació, expressions sofisticades del model,..)          - Afavorint la comparació d'idees entre iguals (discussió, exemplificació,..)</p>	<p><b>4. Revisar el model</b>          (sofisticar i millorar aspectes concrets inadequats)</p>	
<p><b>Tasca Canvi 15</b>  <b>Act. 3. (segona part)</b> Dins de la mateixa activitat, es demana a l'alumnat reflexionar entorn la pregunta: <i>“El ferro i el cartró ja estaven en contacte amb l'oxigen abans de que es produís la reacció. Com és que no reaccionaven? Què els hi ha calgut per interaccionar?”</i>          L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<p><b>2. Demanar l'ús del model inicial implícit</b>          (hipòtesis, primeres explicacions)</p>	<p><b>2. Expressar /Utilitzar el model inicial</b>          (individualment )</p>	<p><b>Idea 5. Condicions per la interacció</b></p>
<p><b>Tasca Canvi 16</b>  <b>Després de l'Act. 3:</b> En gran grup es consensuen les explicacions i es comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.</p>		<p><b>5. Facilitar l'estructuració de les idees</b> en un model final consensuat</p>	<p><b>5. Expressar/ Consensuar un model final</b></p>	<p><b>Idees 1, 2, 3, 4, 5</b></p>

**Tasca Canvi 17**






**Examen:** Es proposen uns nous fenòmens (mullar cartró i cremar cartró) i uns possibles dibuixos a nivell micro. Es demana identificar l'error de cada dibuix i fer un dibuix millorat de cada tipus de canvi. Exemple de producció d'un alumne:

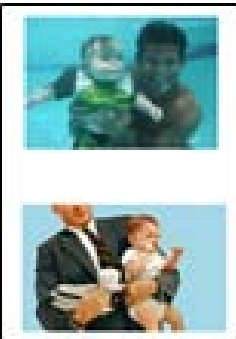
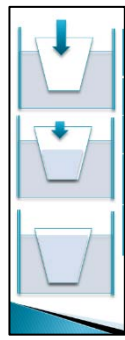
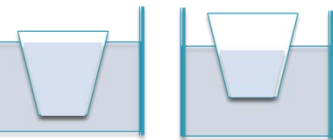
MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: El cartró no està representat per partícules.	Idea prèvia o error: La matèria és contínua. No hi ha espais entre les partícules de cartró i aigua.
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: Cençon (a reacció química C30C) amb un reactiu.	Idea prèvia o error: Apareixen noves partícules i desapareixen altres.
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ

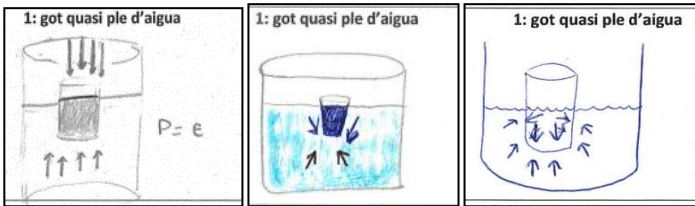
6. Promoure la transferència per aplicar el model a noves situacions

6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen

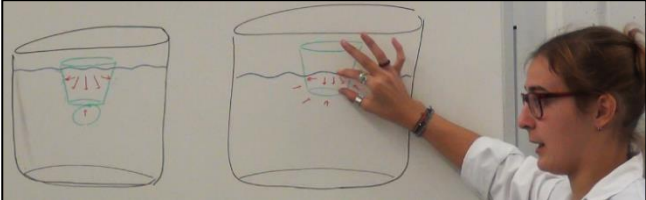
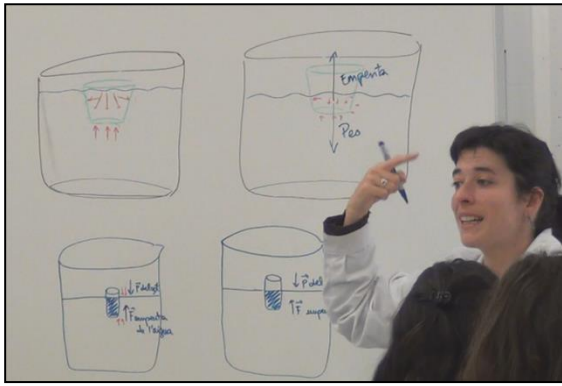
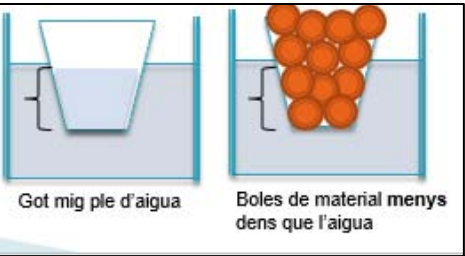

Esquema de la seqüència didàctica de modelització per a la construcció del MCE de flotació

Tasca realitzada	Fase de la seqüència	Objectiu didàctic	Idea del model
<p><b>T Flot 1</b>  <b>Introducció:</b> En gran grup es planteja una pregunta guia general sobre flotabilitat <i>“Per què suren o no suren les coses? De què depèn?”</i> mentre es presenten imatges d’objectes quotidians surant i enfonsant-se. L’alumnat respon oralment de manera informal i no es dóna cap tipus de <i>feedback</i>.  <b>Abans de l’Act. 1:</b> En gran grup, es demana l’ús del model inicial per explicar un fenomen concret de flotabilitat. <i>“Alguna vegada has intentat enfonsar una pilota dins l’aigua? Què passa? Per què creus que passa?”</i> (per començar a pensar què ens fa l’aigua quan intentem fer un forat en ella). L’alumnat respon oralment i no es dóna cap feedback, animant a l’alumnat a realitzar l’activitat.</p> 	<p><b>Introducció</b>                  ▶ Per què suren les coses? De què depèn?                    ▶ I per què NO suren?  </p>	<p><b>1. Presentar un fenomen quotidià i una pregunta guia que requereixi d’una explicació.</b></p>	<p><b>Idees 1, 2, 3</b></p>
<p><b>T Flot 2</b>  <b>Act. 1. Quant costa fer un forat a l’aigua?</b> En grup petit, es proposa fer l’experiment d’enfonsar cada vegada més un got de plàstic (per fer un “forat” a l’aigua) i explicar els resultats: <i>“en quina situació estàs fent més força?”</i>, <i>“com ho explicaries en termes de les forces implicades?”</i> L’alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>  	<p><b>2. Demanar l’ús del model inicial implícit (hipòtesis, primeres explicacions)</b></p>	<p><b>2. Expressar /Utilitzar el model inicial (individualment)</b></p>	<p><b>Idea 1. Dues forces</b></p>

<p><b>T Flot 3</b>  <b>Abans de l'Act. 2:</b> En gran grup, es demana l'ús del model inicial per explicar un altre fenomen concret de flotabilitat. "Alguna vegada has agafat a coll a algú dins l'aigua? Què has experimentat? Hi ha alguna diferència amb si l'agafes fora de l'aigua? Com ho explicaries?" ? (per començar a pensar a què equival aquesta força que ens fa l'aigua)                  L'alumnat respon oralment i no es dona cap feedback, animant a l'alumnat a realitzar l'activitat.</p>		<p><b>2. Demanar l'ús del model inicial implícit</b> (hipòtesis, primeres explicacions)</p>	<p><b>2. Expressar /Utilitzar el model inicial</b> (individualment)</p>	<p>Idea 2. El valor de l'empenta +                  Idea 3. Equilibri estàtic i situació dinàmica</p>																
<p><b>T Flot 4</b>  <b>Act. 2. Quant val com a màxim l'empenta de l'aigua.</b> En grup petit, es proposa fer l'experiment d'enfonsar el got amb diferents quantitats d'aigua a dins (per veure que com més aigua hi posem, menys costa fer el forat) i explicar els resultats: "Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l'aigua?", "Quin és el valor de l'empenta que fa l'aigua sobre el got?".                  L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Quantitat d'aigua en el got</th> <th>Quanta força cal fer per enfonsar el got?</th> <th>Com ho explicariem en termes de les forces implicades?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Got buit</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Una mica d'aigua</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Molta aigua</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Got ple d'aigua</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Quantitat d'aigua en el got		Quanta força cal fer per enfonsar el got?	Com ho explicariem en termes de les forces implicades?	Got buit			Una mica d'aigua			Molta aigua			Got ple d'aigua			<p><b>3. Posar a prova el model de forma empírica:</b>                  - Facilitant l'obtenció de proves.                  - Aprofundint en l'exploració del fenomen</p>	<p><b>3. Avaluar el model</b> (analitzar el grau d'ajust / posar a prova)</p>
Quantitat d'aigua en el got	Quanta força cal fer per enfonsar el got?	Com ho explicariem en termes de les forces implicades?																		
Got buit																				
Una mica d'aigua																				
Molta aigua																				
Got ple d'aigua																				
<p><b>T Flot 5</b>  <b>Act. 3: Quan sura un cos?</b> En grup petit, es proposa utilitzar la <b>base d'orientació</b> (preguntes que ens hem de fer quan volem interpretar fenòmens en termes de forces) per analitzar dues situacions d'equilibri (un got mig ple d'aigua i un got totalment ple d'aigua surant).                  L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier., dibuixant les forces que intervenen. Exemples de produccions de l'alumnat:</p>		<p><b>1. Quin estat de moviment té l'objecte d'estudi?</b>                  - Si està en equilibri, què li passa (està quiet o va a velocitat constant)?                  - Si no està en equilibri, què li passa (canvia de velocitat, es deforma, canvia de direcció)?</p> <p><b>2. Quines forces actuen sobre aquest objecte que facin que tingui aquest estat de moviment?</b>                  - Quins objectes estan interaccionant?                  - Qui fa força sobre l'objecte?                  - En quines direccions?                  - Són empentes o estirades?                  - Quina intensitat tenen?                  - Quina és la força resultant que provoca l'estat de moviment?</p> <p><b>3. Quina resistència oposa l'objecte a canviar el seu estat de moviment?</b>                  - Quant costa moure l'objecte?</p>	<p><b>4. Generar i/o aportar nous punts de vista / informació teòrica:</b>                  - Aportant la visió experta (simulació, expressions sofisticades del model,...)                  - Afavorint la comparació d'idees entre iguals (discussió, exemplificació d'idees,...)</p>	<p><b>4. Revisar el model</b> (sofisticar i millorar aspectes concrets inadequats)</p>																

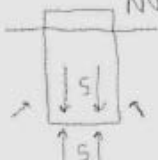




<p><b>T Flot 6</b>  <b>Després de l'Act. 3:</b> Es comparteixen a la pissarra els dibuixos d'alguns grups, analitzant-los, comparant-los i revisant-los en gran grup. En gran grup es consensuen les explicacions, representacions i idees clau. Es defineix com seria el millor dibuix que explicaria la flotabilitat (en termes de forces) d'un objecte en equilibri.</p> 		<p><b>5. Facilitar l'estructuració de les idees en un model final consensuat</b></p>	<p><b>5. Expressar/Consensuar un model final</b></p>	<p><b>Idea 2. El valor de l'empenta +</b>  <b>Idea 3. Equilibri estàtic i situació dinàmica</b></p>
<p><b>T Flot 7</b>  <b>Abans de l'Act. 4:</b> En gran grup, es planteja l'ús del model per explicar un altre fenomen concret de flotabilitat: <i>“Hem vist com l'aigua fa una empenta cap amunt quan volem submergir un got amb aigua, i que aquesta força és igual al pes d'aquesta aigua. Ara bé, les coses no estan fetes d'aigua. Si en realitat tinc un altre objecte fet d'un altre material... Què passarà? Com sabem si s'enfonsarà o no?”</i> (per començar a pensar en la flotabilitat de diferents materials). L'alumnat respon oralment i no es dóna cap feedback, animant a l'alumnat a realitzar l'activitat.</p>	<p><b>2. Demanar l'ús del model inicial implícit</b> (hipòtesis, primeres explicacions)</p>	<p><b>2. Expressar /Utilitzar el model inicial</b> (individualment)</p>	<p><b>Idea 4. Densitat relativa</b></p>	
<p><b>T Flot 8</b>  <b>Act. 4. Com és l'empenta de l'aigua amb diferents objectes?</b> En grup petit, es proposa fer l'experiment d'omplir el got amb boles de diferents materials i observar com varia l'empenta, mesurant el pes del got amb boles i del volum d'aigua desplaçat, i explicar: <i>“A què equival el pes de les pilotes? Creus que les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua?”</i> L'alumnat discuteix en grup i respon al dossier.</p>		<p><b>3. Posar a prova el model de forma empírica:</b>          - Facilitant l'obtenció de proves.          - Aprofundint en l'exploració del fenomen</p>	<p><b>3. Avaluar el model</b> (analitzar el grau d'ajust / posar a prova)</p>	<p><b>Idea 4. Densitat relativa</b></p>
<p><b>T Flot 9</b>  <b>Després de cada activitat (1, 2, 3 i 4):</b> En gran grup, es comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.          Exemple d'idees clau de l'activitat 4:</p>	<p><b>Idees flotabilitat (4)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El pes d'un objecte que sura és igual al pes del volum submergit fet d'aigua.</li> <li>O dit d'una altra manera, el pes de l'objecte és igual al pes de la quantitat d'aigua que cap en el forat que hem fet (el pes del volum d'aigua desplaçat).</li> </ul> 	<p><b>5. Facilitar l'estructuració de les idees individuals en un model final consensuat</b></p>	<p><b>5. Expressar/Consensuar un model final</b></p>	<p><b>Idea 4. Densitat relativa</b></p>


**T Flot 10**  
**Tasca individual (per fer a casa):** Es proposa un nou fenomen que s'ha d'interpretar en termes de densitat i de forces: la flotabilitat d'una llauna de coca-cola light i una de coca-cola normal en un recipient en aigua.  
 Exemple de producció d'un alumne:

En un principi, quan la llauna es deixa caure, guanya la força que empeny la llauna cap al fons, però un moment després l'empenta que rep contraresta la força que exerceix la Terra sobre l'objecte. No guanya cap força, sinó que es contraresten quedant la llauna en equilibri. Això succeeix perquè l'aigua, al ser més densa que la llauna i el que conté, pot sostenir la llauna.



En aquest cas, com la llauna pesa més que l'aigua, l'empenta no pot contrarestar aquesta força que exerceix la Terra sobre l'objecte i per això s'enfonsa. És a dir, és més gran la força que fa l'objecte per submergir-se que l'empenta que fa l'aigua. (Més força que exerceix la Terra que empenta).

No pots d'equi



6. Promoure la transferència per aplicar el model a noves situacions

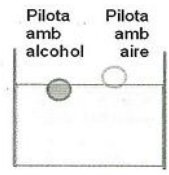
6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen

**T Flot 11**  
**Examen:** Es proposa un nou fenomen (la flotabilitat d'una pilota de plàstic plena d'aire i una pilota de plàstic plena d'alcohol en un recipient en aigua) i unes possibles interpretacions en termes de densitat i de forces. Es demana identificar si l'explicació és correcta o no i millorar-la en cas necessari.  
 Exemple de producció d'un alumne:

**3. Model sistemes físics (2,5p)**

Després d'haver treballat les idees de flotabilitat a classe, proposes una tasca als alumnes per veure si saben aplicar les idees del model en un nou fenomen. Per això, proposes posar dues pilotes de plàstic, una plena d'aire i l'altra plena d'alcohol, dins un recipient amb aigua. Quan ho feu, observeu que la pilota plena d'aire sura molt, quasi tota la pilota fora, mentre que la pilota amb alcohol sura poc, quasi tota dins l'aigua.

Dos alumnes fan explicacions del fenomen en termes de densitat i de forces. Al costat de cada idea digues si és correcta (C), parcialment correcta (PC) o errònia (E) (0,5p), i explica com milloraries les explicacions de l'alumne 1 (1p) i l'alumne 2 (1p).



Alumne 1	Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	PC En la pilota que sura, l'aigua és més densa que l'aire i per això deixa fer el botó tan gran la pilota amb alcohol té més densitat que la de l'aire però una mica menys que l'aigua. Per això hi ha una part submergida. Si l'alcohol tingues + densitat que l'aigua s'enfonsaria.
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.	E La força que fan les pilotes són la força de la gravetat que exerceix la Terra sobre l'objecte, que no deixa de ser el pes de l'objecte. La força de l'aigua és aquesta empenta que exerceix la mateixa força que rep de l'objecte però en direcció oposada tot i que tant en un cas com en l'altre, però resultant cap amunt.
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	E L'empenta no és igual en els dos casos, sino estarien tota l'aigua o surant sencera o parcialment enfonsada com la d'alcohol. L'empenta és igual al pes del volum de la part submergida de l'objecte feta de líquid, en aquest cas, aigua. Per això és menor en el cas de la que sura completament.
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC Si que pesa més, però que la d'aire però falta dir que és perquè l'alcohol té més densitat que l'aire.

6. Promoure la transferència per aplicar el model a noves situacions

6. Utilitzar el model per predir o explicar un nou fenomen

Idees 1, 2, 3, 4



## Annex 4. Power Points utilitzats als seminaris Canvi químic i Flotabilitat

### Power Point del seminari Canvi Químic



## El canvi químic

Didàctica de les ciències experimentals  
Grau Educació Primària 3r curs

UAB 2015-16

## Ordre del seminari

- 8:00 - Posada en comú dels vídeos (tasca 2) (5')  
INTRODUCCIÓ: ELS CANVIS  
- Posada en comú tasca "tipus de canvis" (10')  
- Com ens ho imaginem per dins? (10')
- 8:30 ACTIVITAT 1: Pesa més, menys o igual?
- 8:50 POSADA EN COMÚ ACTIVITAT 1
- 9:00 ACTIVITAT 2: Què hi havia abans i després?
- 9:20 POSADA EN COMÚ ACTIVITAT 2
- 9:30 ACTIVITAT 3: Passa el mateix amb el cartró i amb el ferro?
- 9:50 POSADA EN COMÚ ACTIVITAT 3
- EXPLICACIÓ TASCA VÍDEO

## Introducció: els canvis

### Què vol dir canvi?



## Nivell macro: Canvis

- Quan un sistema material canvia, els **components finals** tenen **propietats diferents** que els **components inicials**.
- En tots els canvis la **massa es conserva**
- Els canvis es produeixen a l'**exercir accions sobre els materials** –donar un cop, interaccionar amb l'aigua, l'aire o altres materials), escalfar o fer passar el corrent elèctric, ...
- Els canvis poden ser **ràpids o lents** i hi ha factors que els poden accelerar

## En parelles, poseu-vos d'acord:

- **Com classificaries aquests canvis?**
  - Barrejar aigua i sal
  - Cremar fusta
  - Fer un pastís
  - Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
  - Tallar una poma
  - Llençar un objecte
  - Desfer un glaçó de gel
- **Quin criteri de classificació has utilitzat?**

## Com classifiquem els canvis?

- **Una manera de classificar els canvis és segons si ha sigut un canvi fort (on ha canviat la substància) o feble (on encara tenim la mateixa substància).**
- **Segons aquest criteri, com classificaríem els canvis anteriors?**
  - Barrejar aigua i sal
  - Cremar fusta
  - Fer un pastís
  - Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
  - Tallar una poma
  - Llençar un objecte
  - Desfer un glaçó de gel

### Canvis Físics (o febles)

Són aquells canvis en que no varia la naturalesa de la substància.

### Nivell macro: Canvis físics o febles

- Tradicionalment s'anomenen com a físics o febles aquells que es caracteritzen perquè la substància és el mateix a l'inici que al final del canvi, tot i que els podem observar com a diferents.
- Ex. Canvis d'estat, dilatació o dissolució.

### Canvis Químics (o forts)

Processos en que es modifica la naturalesa de la substància.

Desapareixen substàncies (reactius) i se'n formen de noves (productes)

També s'anomenen reaccions químiques.

Ex.  
 $\text{Iodur de potassi} + \text{Nitrat de plom} \rightarrow \text{Iodur de plom} + \text{altres substàncies}$

### Nivell Macro: Canvis químics o forts

- Els canvis químics o forts són els que es caracteritzen perquè les substàncies inicials (reactius) són diferents a les que s'obtenen al final del canvi (productes).
- Les propietats intensives (color, densitat, punt d'ebullició ...) de la substància canvien.
- Exemples de canvis químics són l'oxidació dels metalls, la combustió...

### Tomem amb els dibuixos a Nivell micro: Quins canvis ens imaginem?

- Pensem en un canvi feble i un canvi fort:
  - Com t'imagines "per dins" un canvi fort (químic) i un canvi feble (físic)? Què canvia en cada cas a nivell de partícules?
  - Per què ho has dibuixat així?

Canvi físic (feble)

Canvi químic (fort)

### ACTIVITAT 1: Pesa més, menys o igual?

Abans de l'activitat...

- Com creus que variarà la massa en cada cas?
- Creus que es tracta d'un canvi físic o químic? Per què?

**POSADA EN COMÚ ACTIVITAT 1**

### Pesa més, menys o igual?

- **Part 1: ampolla oberta i tancada**
- *Es tracta d'un canvi físic o químic? Per què?*
- **Canvi de massa:**
  - Amb l'ampolla oberta:
  - Amb l'ampolla tancada:
- **On ha anat la massa que falta?**
  
- **Part 2: globus**
- **Canvi de massa:**
  - Amb el globus:
- **Què hi ha dins del globus?**
- **On estava aquest gas abans?**
- **De què deu estar fet el comprimit?**

### Idees clau Activitat 1: En el canvi químic les propietats canvien, però la massa es manté

**A nivell macro (què observo):**

- En els canvis forts o químics les propietats intensives **no es conserven** (és una nova substància). **Les noves substàncies (productes) tenen propietats diferents a les originals** (reactius).
- En els canvis químics **la massa (matèria) es conserva**.
  - De vegades podem observar un canvi de massa, però això ens indica que no estem mesurant la massa d'algun reactiu o producte (un gas que s'escapa, per exemple).

### ACTIVITAT 2: Què hi havia abans i després?

Abans de l'activitat...

- De què deu estar fet el comprimit?




**Paracetamol KERN PHARMA 1 g granulada efervescent EFG**  
Cada sobre de granulada efervescent conté com principi actiu 1 g de paracetamol. Los demás componentes (excipientes) son sacarina sódica, aspartamo (E-951), polidona, carbonato de sodio, hidrogenocarbonato de sodio, dióxido de silicio, citrato de sodio y aroma de fresa c.s.

### Partim dels fenòmens: La neutralització o reacció àcid – base (Experiència 1 i 2)

La **pastilla efervescent** és una mescla sòlida que, a part del medicament, conté hidrogenocarbonat de sodi (bicarbonat de sodi) i uns àcids orgànics (p.e. àcid cítric, ascòrbic, tartàric, acetilsalicílic,...)

En dissoldre la pastilla en aigua, els seus components, la base ( $\text{NaHCO}_3$ ) i l'àcid orgànic ( $\text{HCOO-R}$ ) interaccionen. En entrar en contacte amb l'aigua, els components reaccionen i donen lloc, entre altres compostos, al diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ), que es desprèn en forma de gas.



$\text{Base} + \text{àcid} \rightarrow \text{sal} + \text{aigua} + \text{diòxid de carboni}$   
 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCOO-R} \rightarrow \text{NaOH-R} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$


Si deixem l'ampolla oberta, la massa d'aquest gas no la podem mesurar amb la balança, i per tant **observem una disminució de la massa en aquest cas**. En canvi, si tapem l'ampolla (amb un tap o un globus), no deixem que s'escapi el gas, el podem mesurar i per tant **observem que la massa es manté**.

**POSADA EN COMÚ ACTIVITAT 2**

### Què hi havia abans i després?

$$\text{NaHCO}_3 + \text{HCOO-R} \rightarrow \text{NaOOC-R} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

- Quins **elements** hi ha abans i després?
  - Abans:
  - Després:
- **Què ha canviat?**
- **Què es manté abans i després?**
- **S'ha creat algun element nou?**



### Idees clau Activitat 2: Les partícules es reconfiguren, no es crea ni es destrueix res

**A nivell micro (com m'ho imagino?):**

- Quan les substàncies interaccionen per formar noves substàncies, les partícules de les substàncies originals **s'associen de manera diferent**, de manera que formen un compost diferent.
- Conèixer els **compostos i elements** que intervien en la reacció ens dona **informació per entendre què passa** a nivell macro (ex. en una combustió s'emeten gasos com el  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$  i per això la massa que mesurem a la balança disminueix)
- En els canvis químics **no es crea ni es destrueix res** (cap partícula ni cap component d'aquesta), només es **reconfiguren** les partícules de manera diferent.
  - Per tant, els elements que trobem als reactius són els mateixos que trobem als productes (ex. Na, H, C, O), però combinats de manera diferent.

$$\text{NaHCO}_3 + \text{HCOO-R} \rightarrow \text{NaOOC-R} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$



### ACTIVITAT 3: Passa el mateix amb el cartró i amb el ferro?

Abans de l'activitat...

☐ Què creus que passarà amb la seva massa en cada cas?

### POSADA EN COMÚ ACTIVITAT 3

#### Passa el mateix amb el cartró i amb el ferro?

Cartró	Ferro
Massa inicial: _____	Massa inicial: _____
Massa final: _____	Massa final: _____
Canvis observats: _____	Canvis observats: _____

☐ Són canvis químics? Per què?

☐ Les dues són el mateix tipus de reacció? Per què?

$$\text{Cartró} + \text{O}_2 \rightarrow \text{cendres} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

$$4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$$

☐ Com pot ser que la variació de la massa en el cas del ferro i en el cas del cartró sigui diferent?

☐ Com és que el cartró i el ferro no reaccionaven amb l'oxigen abans? Què els hi ha calgut per interaccionar?

### Partim dels fenòmens:

#### La combustió - recombinació amb l'oxigen (Experiència 3)

La fusta, el cartró, l'espelma, el cacauet, etc. es cremen: les substàncies que les formen interaccionen amb l'oxigen de l'aire.

D'aquesta interacció es forma diòxid de carboni i aigua, entre d'altres. Això és perquè aquestes substàncies estan formades pels elements Carboni i Hidrogen, que en combinar-se amb l'oxigen, poden donar aquests productes. Ditem doncs que la fusta, el cartró, l'espelma o el cacauet són **materia orgànica**.

*Alguns exemples:*  
 cacauet + oxigen → aigua + diòxid de carboni + altres substàncies (combustió cacauet)  
 Glucosa + oxigen → aigua + diòxid de carboni (respiració)  
 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  (combustió d'hidrocarburs. En aquest cas, el metà que forma el gas natural)

### Partim dels fenòmens:

#### L'oxidació - combinació o síntesi a partir d'oxigen (Experiència 3)

El ferro, els aliments, etc. s'oxiden: les substàncies que les formen interaccionen amb l'oxigen, incorporant-lo (i per tant augmentant la massa que mesurem a la balança) i donant lloc a altres substàncies (ex. ferro oxidat). Les substàncies que s'oxiden poden ser **materia orgànica o inorgànica**.

*Alguns exemples:*  
 $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$  (òxid de ferro)  
 $2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$  (òxid de coure)

*Possible investigació:*  
 Quines variables afecten l'oxidació d'un clau?  
 $\text{H}_2\text{O}$ , sal, oxigen?

### Idees clau Activitat 3:

#### Hi ha diferents tipus de canvis químics

#### Les substàncies poden co-existir sense interaccionar

**A nivell macro (què observo?):**

☐ En els canvis químics la massa (matèria) es conserva.

☐ De vegades podem observar un canvi de massa, però això ens indica que no estem mesurant la massa d'algun reactiu o producte. Ex. Al cremar fusta, tot i que sembla que "es perd" matèria, si pesem l'aigua, el diòxid de carboni i les cendres, obtindrem la mateixa massa que sumant la fusta i l'oxigen inicial.

☐ Hi ha diferents tipus de canvis químics, que es poden identificar pels components d'abans i de després i les propietats d'aquests (ex. en la combustió s'emeten gasos i per tant la massa observada en la balança disminueix, mentre que en la oxidació no s'emeten gasos i la massa observada a la balança augmenta)

☐ Algunes substàncies poden co-existir sense interaccionar, però en determinades condicions (ex. en presència d'una altra substància com l'aigua o amb un aport energètic) poden interaccionar formant noves substàncies.

### Activitat extra: L'intercanvi d'energia

- Com explicaries que es pugui refredar una bossa de cop, sense haver-la posat al congelador?
- Genera energia o absorbeix energia?
- Com explicaries que aquesta reacció generi/absorbeixi energia? On era aquesta energia abans?

<https://www.youtube.com/watch?v=-BZg0M68U>

**Partim dels fenòmens:  
Les bosses auto-congelants**


Actualment estan sortint nous invents per refredar coses ràpidament. Per exemple, existeixen unes llaunes de refrescs que es refreden de cop quan pressiones una pestanyeta, o unes bosses per a esportistes que es congelen ràpidament quan les colpeges una mica. També hi ha l'exemple contrari: recipients de café que s'auto-escaflen quan mous una pestanyeta. Com pot ser?

En realitat, aconseguim aquest canvi de temperatura perquè dins d'aquests recipients estem posant en contacte dos reactius, produint una reacció que absorbeix o allibera energia. En el cas que alliberi energia (exotèrmica), s'escalfarà el recipient, en el cas que n'absorbeixi (endotèrmica), es refredarà el recipient.

*Alguns exemples:*

$\text{NaOH (sòlid)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}^+ (\text{aq.}) + \text{OH}^- (\text{aq.})$  (hidròxid de sodi en aigua: exotèrmica)

$\text{NH}_4\text{NO}_3 (\text{sòlid}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}$  (bossa auto-congelant: endotèrmica)



**Idees clau Activitat extra:  
Les reaccions endotèrmiques i exotèrmiques**

**A nivell macro (què observo?):**

- Sempre que hi ha un canvi químic, hi ha un **intercanvi d'energia** amb l'entorn. Algunes reaccions alliberen energia (**exotèrmiques**), mentre que d'altres necessiten energia per produir-se (**endotèrmiques**).

**A nivell micro (com m'ho imagino?):**

- Es necessita energia per **trencar els enllaços** entre els àtoms de les partícules i se n'allibera al **crear els enllaços** entre els àtoms de les partícules de les substàncies resultants. El trencament i la formació d'enllaços entre les partícules de les substàncies resultants és el que determina si una reacció absorbeix energia o n'allibera.

**Principals dificultats, idees prèvies**

1. Identificar que quan hi ha un canvi químic hi ha dos o més materials que interaccionen entre ells. Tendeixen a pensar que el canvi només passa en un dels materials i també que un és el responsable dels canvis.
2. Quan pensen què passa durant el canvi químic, tendeixen a pensar que:
  - passa perquè sí
  - la matèria desapareix
  - els productes finals ja existien en els inicials
  - els reactius es "transmuten" en els finals
3. Tendeixen a pensar que la massa no es conserva (especialment si hi ha gasos involucrats)
4. Entenen l'aire com a una única cosa (no com una mescla de gasos)
5. Tot i que diguin que l'oxigen és imprescindible en les combustions, no ho entenen com que interacciona amb l'altre reactiu

**Cicle superior**

**Matèria i energia**

Mesura i comparació de masses i volums de matèries diverses. Experimentació de la flotabilitat dels materials en l'aigua.

Identificació de les propietats dels diferents materials d'una mescla relacionant-les amb l'ús de diferents tècniques de separació de substàncies: imantació, filtració, decantació, evaporació i destil·lació. Experimentació de les propietats de l'aigua com a dissolvent.

Observació de canvis químics en relació amb fenòmens quotidians: combustions, oxidacions i fermentació. Aplicació a la prevenció del foc i obtenció de compost.

Identificació dels diferents instruments objectes d'ús habitual al laboratori i coneixement i aplicació de les normes d'ús i seguretat en el laboratori.

Anàlisi dels efectes d'una força o diferents forces sobre un objecte. Aplicació a l'estudi de màquines simples que s'utilitzen habitualment a l'escola o a casa.

Experimentació dels canvis d'estat en l'aigua i la seva reversibilitat. Identificació i relació del cicle natural i humà de l'aigua. Aplicació de l'ús responsable de l'aigua.

Identificació de les fonts d'energia més utilitzades en la societat i diferenciació entre energies renovables i no renovables.


Planificació d'experiències per comprovar propietats dels materials i el seu comportament davant la llum, la calor i l'electricitat. Englobament d'una informació per connectar el procediment dels resultats i l'últim. Formació.

**TASQUES**


1. **Vídeo d'un experiment i explicació** sobre el model matèria (tenir clara la idea del model que es vol treballar!)
  - Tasca penjada al campus
  - Entrega a través del campus penjant l'enllaç (avaluable): data límit 25 de novembre
2. **Tomar a dibuixar a nivell micro un canvi físic i un canvi químic** (on quedi clara la diferència), i justificar el dibuix.
  - Tasca penjada al campus
  - Entrega a través del campus i també cal portar-lo en paper el proper dia a classe (entrega obligatòria, no avaluable): data límit 18 de novembre.

**Tornem amb els dibuixos a Nivell micro:  
Quins canvis ens imaginem?**

- Pensem en un canvi feble i un canvi fort:
  - Com t'imagines "per dins" un canvi fort (químic) i un canvi feble (físic)? Què canvia en cada cas a nivell de partícules?
  - Per què ho has dibuixat així?



Canvi físic (feble)



Canvi químic (fort)



### Exemples de dibuixos micro Canvis físics

Tallar una poma

Tallar un tros de paper

Esmicolar un tros de paper

Arragar un paper

### Exemples de dibuixos micro Canvis físics

Desfer un tros de gel

Dissoldre sal en aigua

Dilatar el ferro

Dissoldre colacao en llet

### En el canvi físic...canvia la disposició o enllaços entre partícules?

- "Un canvi físic no implica canvis ni en la disposició ni en els enllaços de les partícules" (B2-1)
- "A nivell micro no hi ha cap tipus de modificació de la matèria ni de les partícules." (B2-3)

► Llavors... Què canvia en un canvi d'estat?

### Idees clau: Nivell micro: canvis físics (febles)

- En els canvis febles o físics (d'estat, de volum, de dissolució...) les partícules no canvien, només la relació entre elles o el seu comportament (vibració, separació entre elles, enllaços...)
- Ex. En un material calent, les partícules vibren més que en un material fred.
- Ex. En un gas, les partícules estan molt més separades i els enllaços entre elles són molt més febles que en un líquid.

### Exemples de dibuixos micro Canvis químics

Creuar fusta

Creuar fusta

Creuar paper

Creuar paper

Creuar paper

Creuar fusta

### Exemples de dibuixos micro Canvis químics

Fer un pastís

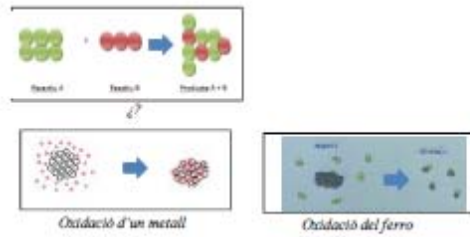
Creuar paper



### I en el canvi químic, què canvia?

- "Si partíem de la idea que la matèria ni es crea ni es destrueix, hem de pensar que quan es realitza un canvi químic no és que apareguin partícules noves o desapareguin algunes, sinó que **els enllaços entre partícules i la disposició presentaven inicialment han canviat.**" (B2-1)
  - Com definim "partícules"?
  - Què ha canviat exactament?
- "Es produeix una reacció química en la qual les **partícules s'han barrejat i unificat**, creant una substància nova."
  - Sempre és així en un canvi químic?

### Exemples de dibuixos micro Canvis químics: la oxidació



### Exemples de dibuixos micro Canvis químics: la combustió



### Les "partícules de foc"?

- "Al cremar-se, les **partícules del foc** han estat en contacte amb les del paper i han creat una substància nova" (C1-2)
- "Les **partícules del foc** entrarien entre els forats dels enllaços de les partícules de la fusta i els trencarien amb la **velocitat/energia que tenen**, transformant les partícules de la fusta en altres diferents" (C1-5)



- Llavors... Com és que una espelma s'apaga si la tapem amb un recipient?
- Què està reaccionant?  $\text{Parafina} + \text{O}_2 \rightarrow \text{cendres} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (reacció simplificada)

### Què és el foc?

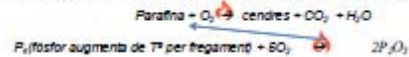
- Si el foc NO és un component de la reacció,... Què és el foc?  $\text{Parafina} + \text{O}_2 \rightarrow \text{cendres} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



- El foc és on es dona la reacció, el que veiem de la reacció.
- Per tant, no es pot dir "partícules del foc" (no existeixen unes partícules anomenades "foc"), tot i que en el foc hi ha moltes partícules reaccionant!

### Què és el foc?

- Ens podríem preguntar: i doncs... **què ha provocat aquesta reacció?**
- Una altra reacció: un misto encès/reaccionant, que s'ha encès pel fregament amb una superfície que ha provocat augment de la temperatura.



- De fet, el foc pot tenir **diferents colors** depenent dels components que reaccionen.
- Ex. Flama quan cremem magnesi és blanca/blava



### Exemples de dibuixos micro

#### Canvis químics: la combustió

Creuar fusta

Oxidant, aigua, Cendra, CO<sub>2</sub>

Oxigen, Carbó, Cendra, CO<sub>2</sub>

### Exemples de dibuixos micro

#### Canvis químics: la combustió

Nivell micro, Nivell macro

C<sub>25</sub>H<sub>52</sub> + 19O<sub>2</sub> → 16CO<sub>2</sub> + 14H<sub>2</sub>O

- = molècules de C (carboni)
- = molècules de H (hidrogen)
- = molècules de O<sub>2</sub> (oxigen)
- = altres molècules d'aigua

Encendre una estufa de butà

### Idees clau:

#### Nivell micro: canvis químics (forts)

AB + CD → AC + BD

Reacció química

Els àtoms Zn en HCl se desprèn el hidrogeno y al final queda atomos de zinc en el vaso

- 1
- 2
- 3

- En els canvis forts o químics (combustió, oxidació...) les partícules canvien la seva configuració interna (recombinació dels àtoms). Els àtoms o elements que formen les partícules inicials es combinen de forma diferent per formar les partícules finals.
  - Ex: El metà (CH<sub>4</sub>) reacciona amb l'oxigen de l'aire (O<sub>2</sub>). Els hidrogenos del metà s'enlacen amb oxigen de l'aire, formant aigua (H<sub>2</sub>O) i els carbonis del metà amb uns altres oxigen, formant diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>).
  - Ex: El clorur d'hidrogen (HCl) reacciona amb el zinc (Zn). Els clors del clorur d'hidrogen s'enlacen amb els zincs, formant clorur de zinc (ZnCl<sub>2</sub>), i els hidrogenos no reaccionen amb res i es desprèn en forma de gas (H<sub>2</sub>).

### Idees clau:

#### tipus de canvis a nivell micro

- En els canvis febles o físics (d'estat, de volum, de dissolució...) les partícules no canvien, només la relació entre elles o el seu comportament.
- En els canvis forts o químics (combustió, oxidació...) les partícules canvien la seva configuració interna (perquè els àtoms es recombinen).
  - Els àtoms o elements (ex. oxigen, carboni, hidrogen...) que formen les partícules inicials (ex. Metà (CH<sub>4</sub>) i gas oxigen (O<sub>2</sub>)) es combinen de forma diferent per formar les partícules finals (ex. Diòxid de Carboni (CO<sub>2</sub>) i aigua (H<sub>2</sub>O)).

Power Point del seminari Flotabilitat

## Seminari "Model d'Interaccions Mecàniques": la força d'empenta als fluids i l'efecte en la flotabilitat

Didàctica de les Ciències Experimentals  
Grau Educació Primària - UAB  
Curs 2015-16



## Introducció

- ▶ Per què suren les coses? De què depèn?



- ▶ I per què NO suren?




## Introducció

- ▶ I per què NO suren?




## Partim de l'experiència...

- ▶ Alguna vegada has intentat enfonsar una pilota dins l'aigua?
- ▶ Què passa?
- ▶ Per què creus que passa?



## Activitat 1: Quant costa fer un forat a l'aigua?




Començarem per experimentar què fa l'aigua (o qualsevol fluid) quan intentem submergir-hi un objecte ("quan intentem fer un forat en ella").

- ▶ 1.1. Agafa un got de plàstic buit (ple d'aire) i intenta enfonsar-lo d'un vas de precipitats amb aigua (sense que hi entri aigua a dins). Ves afegint cada vegada una mica més d'aigua i observa quant costa empènyer l'aigua cada vegada.
  - En quina situació estàs fent més força?
  - Com ho explicaries en termes de les forces implicades?
  - Com varia el volum d'aigua del vas de precipitats? (ml)

## Posada en comú Activitat 1

	En quina situació estàs fent més força?	Com ho explicaries en termes de les forces implicades?	Com varia el volum d'aigua del vas de precipitats? (ml)
Got fora de l'aigua			
Got enfonsat fins a la meitat			
Got enfonsat fins a la vora			

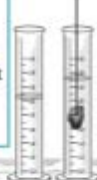
- ▶ Quin és el volum d'aigua que ha variat?
  - ▶ Got mig enfonsat:
  - ▶ Got enfonsat fins a la vora:
- ▶ A quina conclusió pots arribar?





### Idees flotabilitat (1)

- Hi ha una força que no acostumem a tenir en compte però que existeix: l'empenta de l'aigua (o dels fluids). Quan intentem submergir un objecte insoluble en un fluid, aquest fluid empeny l'objecte cap amunt. Aquesta força es l'empenta.
  - L'empenta és en totes direccions, però la resultant és cap amunt.\*
- L'aigua empeny més com més volum hi ha submergit. És a dir, l'empenta és proporcional al volum submergit. Per tant, l'empenta màxima es quan l'objecte està totalment submergit.
- El volum d'aigua que desplaça un objecte és igual al volum de l'objecte submergit. Tot cos submergit desplaça el seu volum (submergit) en líquid.



### \* D'on surt aquesta empenta?

- Un líquid exerceix força (pressió) en totes direccions (nota resistència a ficar-hi coses)
  - "l'aigua no et vol deixar entrar" "si empenys l'aigua cap avall, ella t'empeny cap amunt"
- Si ens imaginem un volum qualsevol d'aigua (l'esfera d'aigua de la figura), aquest també rep força en totes direccions, però aquestes no són de la mateixa intensitat.
  - Les forces horitzontals es compensen
  - Les forces verticals no es compensen. La diferència de forces entre dos punts del líquid (entre a baix i a dalt) és igual al pes del líquid entre els dos punts. És a dir, cada "capa" de líquid és capaç de sostenir el líquid que té a sobre.
- Per això, en un líquid, a més profunditat sentis més força (hi ha més pressió) ja que tens més columna de líquid a sobre.



Aquí la força és la del pes de l'aigua sobre el punt

L'empenta és la diferència

Aquí la força és la reacció al pes de tota l'aigua sobre el punt (la del volum) de sobre del volum)

### Ens plantegem una altra experiència...





- Alguna vegada has agafat a coll a algú dins l'aigua?
  - Què has experimentat?
  - Hi ha alguna diferència amb si agafes a la mateixa persona fora de l'aigua?
  - Com ho explicaries?




### Activitat 2: Quant val com a màxim l'empenta de l'aigua?

- Intenteu submergir el got dins l'aigua amb 4 situacions diferents:
  - amb el got buit,
  - amb una mica d'aigua (menys de la meitat),
  - amb molta aigua (més de la meitat)
  - amb el got completament ple d'aigua
- 2.1.
  - Quanta força cal fer per enfonsar el got?
  - Com ho explicariem en termes de les forces implicades?
- ...

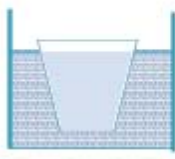
### Posada en comú activitat 2

Quantitat d'aigua en el got	Quanta força cal fer per enfonsar el got?	Com ho explicarem en termes de les forces implicades?
 Got buit		
 Una mica d'aigua		
 Molta aigua		
 Got ple d'aigua		

Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empenyer l'aigua?  
Quin és el valor de l'empenta (a què equival l'empenta) que fa l'aigua sobre el got?

### Posada en comú activitat 2

- Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empenyer l'aigua?
- Quin és el valor de l'empenta (a què equival l'empenta) que fa l'aigua sobre el got?

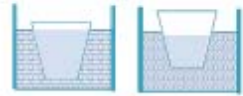


### Idees flotabilitat (2)

- ▶ L'empenta equival al pes en aigua del volum submergit.
- ▶ "Un cos insoluble total o parcialment submergit en un fluid (líquid o gas) en repòs rep una força d'empenta igual al pes del volum del fluid que desallotja."  
(Aquest és el principi d'Arquímedes)

### Activitat 3: Quan sura un cos?

- ▶ Analitzarem dues situacions en les quals els gots suren però sense que calgui aguantar-los.
- ▶ Utilitzant la base d'orientació, analitza les situacions (diferenciant què tenen igual i diferent):
  - ▶ 1: got quasi ple d'aigua
  - ▶ 2: got mig ple d'aigua



### Posada en comú activitat 3

- ▶ Sortim a la pissarra a dibuixar les forces i discutim els dibuixos en funció de si expliquen o no la observació que hem fet.

### Posada en comú activitat 3:

Explicació de dues situacions d'equilibri en termes de forces

- |   |   |
|---|---|
| <p>1. Quin estat de moviment té l'objecte d'estudi?</p> <p>2. Quines forces actuen sobre aquest objecte que facin que tingui aquest estat de moviment?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quins objectes estan interaccionant? O qui fa força sobre l'objecte?</li> <li>En quines direccions? Són empentes o atraccions?</li> <li>Quina intensitat tenen?</li> <li>Quina és la força resultant que provoca l'estat de moviment?</li> </ul> <p>3. Quina resistència oposa l'objecte a canviar el seu estat de moviment?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quant costa moure l'objecte?</li> </ul> | <p>1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Està en equilibri (està quiet).</li> </ul> <p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interaccions: Aigua amb el got. Centre de la terra amb el got.</li> <li>Aigua fa força sobre el got (empenta cap a dalt). Centre de la terra fa força sobre el got (centre cap a baix).</li> <li>Amb més aigua dins del got, el pes és més gran, el got s'enfonsa més i l'empenta que fa l'aigua sobre el got és més gran.</li> <li>Com està en equilibri, en els dos casos les dues forces (pes i empenta) són iguals en intensitat. Com tenen direcció oposada, es compensen, i per tant la força resultant és 0.</li> </ul> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amb més aigua, més massa té l'objecte, i per tant, més costarà moure'l.</li> </ul> |
|---|---|



### Idees flotabilitat (3)

- ▶ Quan un objecte sura, i per tant es troba en una situació d'equilibri, el pes i l'empenta es contraresten.

### Activitat 4: Com és l'empenta de l'aigua amb diferents objectes?

- ▶ Hem vist com l'aigua fa una empenta cap amunt quan volem submergir un got amb aigua, i que aquesta força és igual al pes d'aquesta aigua.
- ▶ Ara bé, les coses no estan fetes d'aigua. Si en realitat tinc un altre objecte fet d'un altre material...
  - ▶ Què passarà? Com sabem si s'enfonsarà o no?
- ▶ Per veure com varia l'empenta de l'aigua quan submergim objectes diferents, omplirem el got amb boles de diferents materials i observarem com varia l'empenta a mesura que omplim més o menys.
  - ▶ 4.1. Quantes boles has hagut de posar perquè el got s'enfonsi fins la vora? (sense que hi entri aigua).
  - ▶ Quant pesen? (gr)



### Posada en comú Activitat 4

Material	Quantes boles heu hagut de posar perquè s'enfonci fins la vora? (com a que entra l'aigua)	Quant pesen? (g)
Boles (contingut)		
Boles metàl·liques		

- Pes del got ple d'aigua: \_\_\_\_\_
- El pes del got amb boles és el mateix que el pes del volum d'aigua que se submergeix (el got sencer)
  - 1. tenen la mateixa densitat
  - La densitat de les boles és major que la de l'aigua, però la densitat del got ple d'aigua i del got amb boles és la mateixa.
  - 2. hi ha les mateixes forces
    - tenen mateix pes / mateixa empenta (perquè aquesta depèn del volum submergit)

### Posada en comú Activitat 4

- Quant pesen les boles de fusta/suro?
- Fins on s'enfonsa el got? (marca de rotulador)
- Quant pesa aquella quantitat d'aigua?

- El pes del got ple de boles és igual al pes del volum d'aigua que se submergeix (o el pes del volum submergit fet d'aigua).
- Pesen el mateix i com que ocupen el mateix volum,
  - 1. tenen la mateixa densitat
    - La densitat de les boles és menor que la de l'aigua, però la densitat del got amb una mica d'aigua i del got ple de boles és la mateixa.
  - 2. hi ha les mateixes forces
    - tenen mateix pes / mateixa empenta (perquè aquesta depèn del volum submergit)

### Idees flotabilitat (4)

- La flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid i l'objecte (del pes per unitat de volum).
  - Si l'objecte té més densitat que el líquid, s'enfonsa: L'objecte s'enfonsarà més ràpid com més gran sigui la densitat de l'objecte respecte la del líquid.
  - Si l'objecte té menys densitat que el líquid, sura: Hi haurà més volum de l'objecte fora de l'aigua com més gran sigui la densitat del líquid respecte la de l'objecte.
  - Si la densitat de l'objecte és la meitat que la del líquid, la meitat de l'objecte estarà fora de l'aigua

### Idees flotabilitat (4)

- El pes d'un objecte que sura és igual al pes del volum submergit fet d'aigua.
  - O dit d'una altra manera, el pes de l'objecte és igual al pes de la quantitat d'aigua que cap en el forat que hem fet (el pes del volum d'aigua desplaçat).

### Si la flotabilitat depèn de la densitat...

- Com pot ser que objectes fets amb materials densos surin?

El pes de l'objecte és més gran que el pes de l'aigua desplaçada, però el pes de l'objecte és igual al pes de l'aigua desplaçada.

El pes de l'objecte és més gran que el pes de l'aigua desplaçada, però el pes de l'objecte és igual al pes de l'aigua desplaçada.

### De què depèn que l'objecte suri?

- De què depèn la flotabilitat d'un objecte?
  - De la seva densitat, però...
  - Hem vist que podem fer objectes que surin a partir de materials que no suren!!!
  - La densitat real d'un objecte és una combinació de les densitats dels materials que formen aquell objecte :
    - Si l'objecte conté aire, la densitat total disminueix (ex. vaixell).
    - Si l'objecte s'omple d'aigua, la densitat augmenta (ex. Vaixell enfonsat).


El volum de l'objecte submergit conté aire i plastilina

<http://www.recercaenaccio.cat/category/experimenta/>



### I si és un altre fluid?


- La flotabilitat depèn de la densitat relativa entre objecte i fluid
- Les coses no sempre "suren o no suren" ...
  - Algunes que suren a l'aigua no suren a l'aire
  - Algunes que suren a l'aigua salada no suren a l'aigua dolça
  - ...
- Si un objecte sura és perquè la seva densitat és menor que la del fluid



Aigua (1g/ml)	Aigua amb sal (mar Mort) (1,17g/ml)	Oli (0,82g/ml)	Alcohol (0,78g/ml)	Glaç de gel (0,88g/ml)
El glaç sura perquè té menys densitat que l'aigua	El glaç sura més que abans perquè té encara té menys densitat que l'aigua	El glaç es queda suspès perquè té aproximadament la mateixa densitat que l'oli	El glaç s'enfonsa perquè té més densitat que l'alcohol	

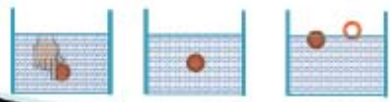
### Resum: Interpretació del principi d'Arquimedes

- Si m'imagino un volum de fluid qualsevol en un recipient (per exemple, el "rombo" de la figura), aquest volum de fluid pesa sobre la resta del fluid.
- El fet que aquest volum estigui en repòs es deu a que la resta del fluid el sosté (li fa una empenta cap amunt de la mateixa intensitat que el seu pes).
- Si ara ens imaginem un cos de volum igual però amb massa diferent:
  - Si la massa, i per tant el pes, del cos, és més gran que el de l'aigua, l'objecte s'enfonsarà perquè l'empenta que pot fer el líquid no és prou gran per compensar el pes de l'objecte.
  - Si la massa, i per tant el pes del cos, és inferior al de l'aigua, l'objecte surarà perquè l'empenta que pot fer el líquid serà més gran que el pes de l'objecte.



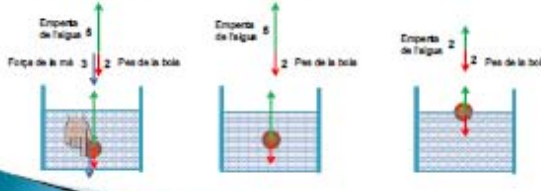
### Com ens imaginem les forces quan l'objecte no està en equilibri?

- Agafem una bola menys densa que l'aigua i la enfonsem dins de l'aigua.
- Com ens imaginem les forces en cada moment?
  - Quan l'estem aguantant amb la mà.
  - Quan ja l'hem deixat anar i està pujant.
  - Quan està surant a la superfície.



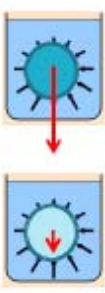
### En una situació dinàmica, les forces varien en cada moment

- Com ens imaginem les forces en cada moment?
  - Quan l'estem aguantant amb la mà.
  - Quan ja l'hem deixat anar i està pujant.
  - Quan està surant a la superfície.



### Les forces en una situació en transició

- Mentre s'enfonsa un objecte...
  - El pes és més gran que l'empenta que rep (el que pesaria l'objecte si estigués fet d'aigua) i per tant s'enfonsa fins que toca el fons del recipient.
- Mentre puja surant
  - Quan l'objecte està submergit, l'empenta que rep (el que pesaria l'objecte enfonsat si estigués fet d'aigua) és més gran que el pes i, per tant, puja amunt
  - Quan una part del cos surt fora de l'aigua, l'empenta va disminuint (és el que pesaria la part del cos submergida) fins que s'igualava amb el pes de l'objecte



### Activitat EXTRA: Mesurem amb un dinamòmetre el pes del got amb aigua i d'un altre objecte

Situació del got	Pes del got (mesurat amb el dinamòmetre)	Força d'empenta (càlcul)
Penjant lliure (a l'aire)		
Tocant la superfície d'aigua		
Mig submergit a l'aigua		
Submergit a l'aigua		



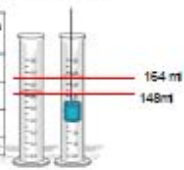
(1) El got no està dins de l'aigua, i per tant no rep cap empenta. Es nota perquè el dinamòmetre fa una força igual al pes.

(2) El got està parcialment dins de l'aigua, i per tant rep una empenta menor que el seu pes (proporcional al pes del volum d'aigua submergit). Per tant el dinamòmetre mesura un pes aparent del got menor del real: el seu "pes" menys l'empenta que rep.

(3) El got està totalment dins de l'aigua, i per tant rep una empenta més gran que abans (igual al seu pes). Per tant el dinamòmetre mesura un pes aparent 0: el seu pes menys l'empenta que rep (que és igual al pes).

### Activitat EXTRA: conclusió

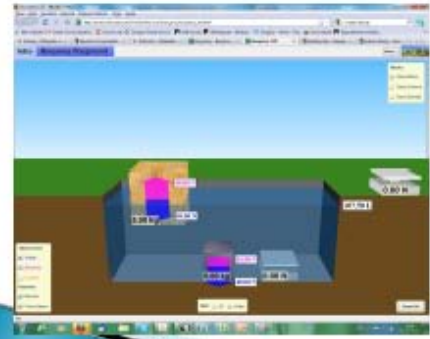
Situació del cilindre	Pes del cilindre (mesurat amb el dinamòmetre)	Força d'empenta (calculada)
Parpet: fora de l'aigua		
Tocant la superfície de l'aigua		
Mig submergit a l'aigua		
Submergit a l'aigua		



154 ml  
148 ml


La força d'empenta de l'aigua sobre el cos submergit (el got) és igual que el pes d'aquella aigua (el pes del volum d'aigua desplaçat)

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/buoyancy>



## Annex 5: Dossiers dels seminaris Canvi químic i Flotabilitat

### Dossier del seminari Canvi químic

 Universitat Autònoma de Barcelona	102087 Didàctica de les ciències experimentals Grau d'Educació Primària	Curs 2015-2016	
<b>Model Canvi Químic</b>			
<b>Activitat 1. Pesa més, menys o igual?</b>			
Alguna vegada t'has pres un medicament en pastilla efervescent? T'has parat a observar els canvis? En aquesta pràctica ho farem, per pensar en els tipus de canvis que es donen.			
Farem dues experiències: <b>posar un comprimit en una ampolla amb aigua i deixar-la destapada, i posar un comprimit en una altra ampolla amb aigua i tancar-la immediatament.</b> En els dos casos mesurarem la massa abans i després.			
<b>1.1. Què creus que mesurarà la <i>balança</i> abans i després en cada cas? Per què?</b>			
a. Si deixeu caure el comprimit dins l'ampolla i <u>no la tapeu</u> .			
b. Si feu el mateix, però immediatament <u>tapeu l'ampolla</u> .			
<b>1.2. Creus que es tracta d'un canvi físic o químic? Per què?</b>			
<b>1.3. Realitzeu els experiments (els podeu fer simultàniament)</b>			
<b>a) Amb l'ampolla oberta*:</b>			
- Poseu uns 100 ml d'aigua a una ampolla (dues línies) i peseu-la, amb el comprimit al costat, sense barrejar-lo! Preneu nota de la massa total.			
Massa abans		Massa després	
- Fiqueu el comprimit dins l'ampolla i espereu que acabi l'efervescència. Observeu què passa. Torneu a anotar la massa. Observant els canvis que es donen, <i>ara creieu que es tracta d'un canvi físic o químic. Per què ho creieu?</i>			
<b>b) Amb l'ampolla tancada amb el tap:</b>			
- Ompliu una altra ampolla amb uns 100 ml d'aigua (dues línies) i peseu l'ampolla amb l'aigua, el tap i el comprimit, sense barrejar-lo.			
- Un cop ficat el comprimit a dins, tapeu <b>immediatament</b> l'ampolla amb el tap de rosca. Quan s'hagi acabat l'efervescència, sense obrir l'ampolla, preneu nota de la massa.			
Massa abans		Massa després	
Aneu amb compte en destapar l'ampolla, que pot sortir gas i aigua a pressió!			
<b>1.4. Què ha pogut passar perquè hi hagi aquesta massa diferent en un cas i en un altre? On ha anat la massa que falta?</b>			
<b>1.5. Què podries fer per <i>comprovar-ho</i>?</b>			

**Ho podem veure?**

Uns altres alumnes han fet un experiment semblant: **han posat un globus a la boca de l'ampolla en comptes del tap**, perquè pensen que potser alguna cosa ha sortit de l'ampolla.

**1.6. Fes-ho tu també i observa els resultats.**

- Repetiu els passos anteriors, però ara peseu primer l'ampolla amb aigua, i un globus amb un comprimit a dins.
- Fiqueu el globus (que té el comprimit a dins) a la boca de l'ampolla. Deixeu caure el comprimit dins de l'ampolla i observeu. Quan s'hagi acabat l'efervescència, anoteu la massa.

Massa abans		Massa després	
-------------	--	---------------	--

**1.7. Què creus que hi ha dins del globus? Això et fa *repensar la teva explicació* sobre a on creus que havia anat la massa que faltava en l'ampolla oberta?**

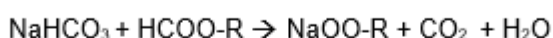
**1.8. On estava aquest gas abans de fer la reacció?**

**1.9. De què creus que pot estar fet el comprimit?**

**Activitat 2. Què hi havia abans i després?**

La pastilla efervescent és una mescla sòlida que, a part del medicament, conté **hidrogenocarbonat de sodi** (comunament conegut com bicarbonat de sodi) i uns **àcids orgànics** (p.ej àcid cítric, acetilsalicílic,...). En dissoldre la pastilla en aigua, els components de la pastilla interaccionen, formant nous compostos:

Bicarbonat de sodi + àcid (en aigua) → sal + diòxid de carboni + aigua



\*R = símbol general per a qualsevol radical

**2.1.** Després de veure la reacció, podries dir què era exactament (quin compost era) **la massa que faltava** en l'ampolla oberta?

**2.2.** Identifica quins són els **elements** (ex. Oxigen=O, Sodi=Na...) que hi ha **abans i després** (no cal comptar quants hi ha):

- Abans (reactius):

- Després (productes):

**2.3.** Representa amb peces de plàstic aquesta reacció.

- Ves a la taula del final i **escull quin tipus de peça** (color i forma) representarà cada element que has identificat abans. Porta unes poques peces de cada tipus escollit a la teva taula.

- A la teva taula, **combina-les per formar els reactius** (el bicarbonat i l'àcid). Després les estructures que has creat i utilitza les peces per **crear els productes** (sal, diòxid de carboni i aigua).

- **Dibuixa les estructures** que has fet amb les peces (utilitza colors i fes una llegenda on quedi clar quin és cada element):

Reactius	Productes

**2.4.** Què **ha canviat**? Què **es manté abans i després**? S'ha creat algun **element nou**?

**Activitat 3: Passa el mateix amb el cartró i amb el ferro?**

En aquest experiment intentarem cremar **uns trossos de cartró i una llana de ferro**. Per veure què canvia en cada cas i saber si es tracta del mateix tipus de reacció, **mesurarem la massa dels materials abans i després**.

3.1. Com creus que variarà la seva **massa** en cada cas? **Per què?**

3.2. Diries que són **canvis químics**? I que és el **mateix tipus de canvi** en el dos casos? **Per què?**

**Fes l'experiment.**

Què tinc?	Què faig?
- Llana de ferro	1. Posar un <b>tros de cartró</b> al gresol de porcellana. Anotar la massa total en el quadre de a baix (punt 3.3).
- Tros de cartró	2. Agafar el tros de cartró amb la pinça i cremar-lo.
- Mistos	3. Tornar a mesurar el pes del gresol amb el cartró i anotar la massa.
- Pincetes	4. Posar la meitat de la <b>llana de ferro</b> al gresol. Anotar la massa total.
- Gresol	5. Agafar la llana de ferro amb la pinça i cremar-la utilitzant mistos.
- Balança	6. Tornar a mesurar el pes del gresol amb la llana de ferro i anotar la massa

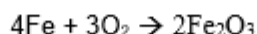
3.3. **Què passa?** Observa els canvis que es donen i **escriu què ha canviat en cada cas**.

<u>Cartró</u>	<u>Ferro</u>
Massa inicial: _____	Massa inicial: _____
Massa final: _____	Massa final: _____
<u>Canvis observats:</u>	<u>Canvis observats:</u>

3.4. Observant què ha passat, *creus que els dos són canvis químics? Per què?*

3.5. Tenint en compte què ha canviat, *creus que les dues són el mateix tipus reacció? Explica per què.*

3.6. Observa les dues reaccions:  $\text{Cartró} + \text{O}_2 \rightarrow \text{cendres} + \text{CO}_2 + \text{HO}_2$



**Per què passa?** Tenint en compte les reaccions, explica: com pot ser que la **variació de la massa** en el cas del ferro i en el cas del cartró sigui **diferent**?

3.7. El ferro i el cartró ja estaven en contacte amb l'oxigen abans de que es produís la reacció. Com és que no reaccionaven? Què els hi ha calgut per **interaccionar**?



## Dossier del seminari Flotabilitat

### SEMINARI FLOTABILITAT (MODEL SISTEMES FÍSICS)

#### ACTIVITAT 1: QUANT COSTA FER UN FORAT A L'AIGUA?

**1.1.** Agafeu un got de plàstic buit (només amb aire a dins) i intenteu enfonsar-lo dins l'aigua (sense que hi entri aigua a dins) d'un vas de precipitats, com si volguéssiu fer un forat dins l'aigua. Aneu omplint el quadre responent les preguntes per a cada situació:

	En quina situació estàs fent més força?	Com ho explicaries en termes de les forces implicades?	Com varia el volum d'aigua del vas de precipitats? (ml)
Got fora de l'aigua			
Got enfonsat fins a la meitat			
Got enfonsat fins la vora			

**1.2.** Fiqueu en un vas de precipitats el volum d'aigua que ha variat quan enfonsaves el got fins la meitat. Després, evoqueu aquesta aigua dins del got. Què observeu?

- Feu el mateix amb el volum d'aigua que ha variat quan enfonsàveu el got dins la vora. **A quina conclusió pots arribar?**

#### IDEES CLAU DE L'ACTIVITAT 1

**ACTIVITAT 2: QUANT VAL COM A MÀXIM L'EMPENTA DE L'AIGUA?**

**2.1. Intenteu submergir el got dins l'aigua amb 4 situacions diferents: amb el got buit, amb una mica d'aigua (menys de la meitat), amb molta aigua (més de la meitat) i amb el got completament ple d'aigua. Observeu i anoteu en el quadre:**

Quantitat d'aigua en el got	Quanta força cal fer per enfonsar el got?	Com ho explicaríeu en termes de les forces implicades?
Got buit		
Una mica d'aigua		
Molta aigua		
Got ple d'aigua		

**2.2. Fins on s'enfonsa el got amb molta aigua? i el got ple d'aigua? Quanta aigua has de posar dins del got perquè ja no costi res empènyer l'aigua?**

**2.3. Tenint en compte això, com podries explicar quin és el valor de l'empenta (a què equival l'empenta) que fa l'aigua sobre el got?**

**IDEES CLAU DE L'ACTIVITAT 2**

**ACTIVITAT 3: QUAN SURA UN COS?**

**3.1.** Analitzarem dues situacions en les quals els gots suren però sense que calgui aguantar-los. Utilitzant la base d'orientació, **analitza les situacions** (diferenciant què tenen igual i diferent):

	1: got quasi ple d'aigua	2: got mig ple d'aigua
<b>1. Quin estat de moviment té l'objecte d'estudi?</b> - Si està en equilibri, què li passa (està quiet o va a velocitat constant)? - Si no està en equilibri, què li passa (canvia de velocitat, es deforma, canvia de direcció)?		
<b>2. Quines forces actuen sobre aquest objecte que facin que tingui aquest estat de moviment?</b> - Quins objectes estan interaccionant? - Qui fa força sobre l'objecte? - En quines direccions? - Són empentes o estirades? - Quina intensitat tenen? - Quina és la força resultant que provoca l'estat de moviment?		
<b>3. Quina resistència oposa l'objecte a canviar el seu estat de moviment?</b> - Quant costa moure l'objecte?		

**3.2.** Mentre vas omplint la base d'orientació, **dibuixa** el got i com t'imagines les forces.

1: got quasi ple d'aigua	2: got mig ple d'aigua

- Quan acabeu, **compareu els vostres dibuixos amb els del grup del costat**. Són iguals o diferents? **Canviaries alguna cosa del teu dibuix?** quina?

**3.3.** A quina **conclusió** podeu arribar en relació a les forces que actuen sobre un objecte que sura?

**IDEES CLAU DE L'ACTIVITAT 3**

**ACTIVITAT 4: COM ÉS L'EMPENTA DE L'AIGUA AMB DIFERENTS OBJECTES?**

En l'activitat anterior hem vist com l'aigua fa una empenta cap amunt quan volem submergir un got ple d'aigua, i que aquesta força és igual al pes d'aquesta aigua. Ara bé, les coses no estan fetes d'aigua. Si en realitat tinc un altre objecte fet d'un altre material, què passarà? Com sabem si s'enfonsarà o no?

Per veure com varia l'empenta de l'aigua quan submergim objectes diferents, omplirem el got amb boles de diferents materials i observarem com varia l'empenta a mesura que omplim més o menys.

**4.1.** Ves omplint el got amb les boles que se t'han proporcionat i omple només la teva fila del quadre:

Material	Quantes boles has hagut de posar perquè s'enfonsi fins la vora? (sense que entri aigua)	Quant pesen? (gr)
boles (caniques)		
boles metàl·liques		

**4.2.** Compara el pes del got amb les boles, i el pes del got ple d'aigua. Què pots deduir? Creus que les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua?


**4.3.** Imagina't ara que omplíssim el got amb boles de suro o fusta. Què creus que passaria?

**4.4.** Comprova-ho. Marca amb un retolador fins on s'enfonsa el got (on arriba l'aigua de fora). Omple el got amb aigua fins a la marca i pesa'l. Compara el pes del got amb aquesta quantitat d'aigua i el pes del got ple de boles (suro o fusta). Què pots deduir? Creus que les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua?

**IDEES CLAU DE L'ACTIVITAT 4**

## Annex 6. Tasques individuals i preguntes d'examen pels MCE de canvi químic i de flotació

### Tasca prèvia individual del MCE de canvi químic

 Universitat Autònoma de Barcelona	DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES Grau d'Educació Primària	Curs 2015-16
---	---	--------------

---

**Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual**  
**A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari**




**1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.**

- Barrejar aigua i sal
- Cremar fusta
- Fer un pastís
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
- Tallar una poma
- Llençar un objecte
- Desfer un glaçó de gel


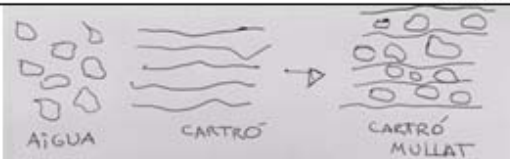
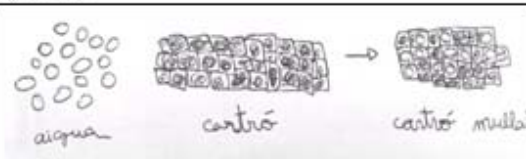
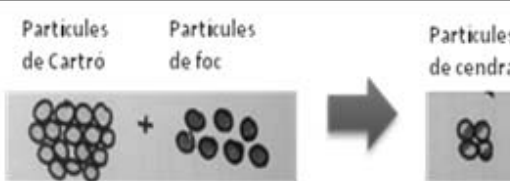
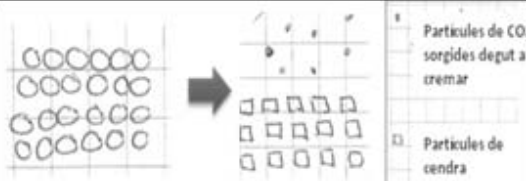
**2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?**

Tasca final individual del MCE de flotació


 <p><b>UAB</b> Universitat Autònoma de Barcelona</p>	<p>DIDACTICA DE LES CIENCIES Grau d'Educació Primària</p>	<p>Curs 2015-16</p>
<p><b>Model d'Interaccions Mecàniques: la força d'empenta als fluids i l'efecte en la flotabilitat. Tasca individual 2</b></p>		
<p>Al seminari sobre flotabilitat hem experimentat la flotabilitat i hem interpretat les nostres observacions en termes de <u>densitats</u> i de les <u>forces</u> que afecten al cos.</p> <p>Interpreteu la flotabilitat d'una llauna de coca-cola light i una de coca-cola normal quan es posen en un recipient en aigua, sense superar una plana (lletra Arial 11)</p> <p>Tasca Individual de ..... Grup ..... Seminari .....</p>		
	<p>Objecte que sura Ex. Coca-cola light en aigua</p> 	<p>Objecte que està enfonsat Ex. Coca-cola normal en aigua</p> 
<p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la <b>densitat</b>.</p>		
<p>Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la <b>força pes</b> i l'empenta.</p>		



Pregunta d'examen del MCE de canvi químic (dins del model matèria)

 Universitat Autònoma de Barcelona	DIDACTICA DE LES CIÈNCIES – Grup 21 Grau d'Educació Primària	Curs 2015-16
<p><b>2. Model matèria (3p)</b></p> <p>Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.</p> <p>a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i macro (1p)</p> <p>b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginarien cada canvi "per dins". Digues un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).</p>		
<b>MULLAR CARTRÓ</b>		
		
Idea prèvia o error:	Idea prèvia o error:	
<b>CREMAR CARTRÓ</b>		
		
Idea prèvia o error:	Idea prèvia o error:	
<b>DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ</b>	<b>DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ</b>	

Pregunta d'examen del MCE de flotació (dins del model sistemes físics)



**UAB**  
Universitat Autònoma  
de Barcelona

DIDACTICA DE LES CIENCIES – Grup 21

Grau d'Educació Primària

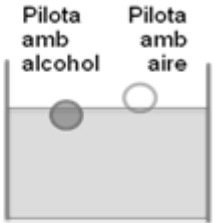
Curs 2015-16

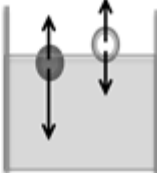
### 3. Model sistemes físics (2,5p)

Després d'haver treballat les idees de flotabilitat a classe, proposes una tasca als alumnes per veure si saben aplicar les idees del model en un nou fenomen. Per això, proposes posar dues pilotes de plàstic, una plena d'aire i l'altra plena d'alcohol, dins un recipient amb aigua. Quan ho feu, observeu que la pilota plena d'aire sura molt, quasi tota la pilota fora, mentre que la pilota amb alcohol sura poc, quasi tota dins l'aigua.

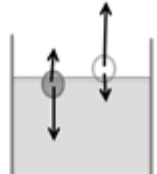
Dos alumnes fan explicacions del fenomen en termes de densitat i de forces. Al costat de cada idea digues si és correcta (C), parcialment correcta (PC) o errònia (E) (0,5p), i explica com milloraries les explicacions de l'alumne 1 (1p) i l'alumne 2 (1p).



Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.		
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.		
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.		
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.		

Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.		
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.		
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.		

## Annex 7. Full informatiu i Full de consentiment



### Les pràctiques científiques a la formació inicial de primària (Tesi Doctoral)

#### FULL INFORMATIU PELS PARTICIPANTS



**Bellaterra 10/12/2015**

Voldríem convidar-vos a participar en la recerca de la tesi doctoral de l'Anna Garrido. Aquesta recerca té tres objectius principals:

- Explorar la participació de l'alumnat de grau de primària en pràctiques científiques dins l'assignatura "Didàctica de les ciències".
- Identificar l'evolució del model científic al llarg del procés.
- Identificar la opinió dels estudiants sobre el seu procés d'aprenentatge i la seva repercussió com a futurs mestres.

Al llarg de l'assignatura de "Didàctica de les ciències experimentals" durant el primer semestre del curs 2015-16, estem recollint dades per assolir aquests objectius. Aquestes dades consisteixen en gravacions de vídeo i àudio de les sessions magistrals i d'alguns grups a les sessions de seminaris, així com els documents i treballs de classe.

Les dades s'utilitzaran de forma anònima i únicament per finalitats acadèmiques. En tot moment mantindrem la confidencialitat de totes les dades que recollim durant el projecte. En cap cas la recerca utilitzarà les dades per avaluar o jutjar els vostres resultats, sinó per identificar quines pràctiques de modelització es donen durant l'assignatura i en quines situacions.

Si decidiu participar en aquest projecte ompliu, si us plau, el formulari de consentiment. Us agraïm molt la vostra participació. Estem convençudes que la feina que farem ajudarà a conèixer quines activitats dins l'assignatura són útils, amb l'objectiu de proposar una formació inicial de mestres adequada i al servei de les necessitats reals dels futurs mestres.

Per qualsevol dubte us podeu posar en contacte amb:

Anna Garrido Espeja  
Digna Couso Lagarón  
(Tel: 93 581 3206)

agarridoespeja@gmail.com  
Digna.Couso@uab.cat



## Les pràctiques científiques a la formació inicial de primària

(Tesi Doctoral)

### FORMULARI DE CONSENTIMENT

*Feu una creu als requadres si esteu d'acord amb l'enunciat de l'esquerra*

1. He llegit i entès el full informatiu del 10/12/2015 sobre la tesi doctoral de l'Anna Garrido i he tingut la oportunitat de fer preguntes sobre la recerca.
2. Entenc que la meva participació és voluntària.
3. Entenc que les meves respostes i qualsevol dada que tingui connexió amb mi, seran estrictament confidencials que no seré identificat pel nom.
4. Entenc que les dades generades per la recerca només s'utilitzaran per a finalitats acadèmiques.
5. Entenc que les dades relacionades amb les meves respostes i la meva activitat no seran utilitzades, en cap cas, de manera pejorativa envers la meva persona, les meves opinions, la meva activitat acadèmica o els meus resultats.
6. Permeto que els membres de l'equip es posin en contacte amb mi per correu electrònic, en cas de necessitar-ho per a la recerca.
7. Accepto de participar en la recerca "Les pràctiques científiques a la formació inicial de primària" que té com a objectiu final millorar les assignatures de formació inicial de mestres.

\_\_\_\_\_  
**Nom del participant**

\_\_\_\_\_  
**Data**

\_\_\_\_\_  
**Signatura**

*e-mail del participant:* \_\_\_\_\_

Per qualsevol dubte us podeu posar en contacte amb:

Anna Garrido Espeja  
Digna Couso Lagarón  
(Tel: 93 581 3206)

agarridoespeja@gmail.com  
Digna.Couso@uab.cat

## Annex 8. Documents escrits analitzats a l'Estudi 2

### Tasca Canvi 2 G1 i G2

#### C11

C1-1

**UAB**  
Universitat Autònoma  
de Barcelona

DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES  
Grau d'Educació Primària

Curs 2015-16

**Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual**  
**A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari**

1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.

- Barrejar aigua i sal
- Cremar fusta
- Fer un pastís
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
- Tallar una poma
- Llençar un objecte
- Desfer un glaçó de gel

<p><u>Canvi físic</u> Tallar una poma Llançar un objecte Desfer un glaçó de gel</p>	<p><u>Canvi químic</u> Barrejar aigua i sal Fer un pastís Cremar fusta Dilatar un tros de ferro escalfant-lo</p>
---	--

2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?

Si l'objecte canvia d'aspecte (forma, velocitat, alçada...) al aplicar-li algun tipus d'energia però no canvia la seva composició, és un canvi físic.

Si, per contra, l'objecte canvia la seva composició (color, gust, propietats, de què està format, etc.) parlem de canvi químic.

Perquè he vist que tots els ítems complien una de les dues definicions que he donat, tot i que alguns ítems podrien respondre a ambdós canvis, com dilatar el ferro o cremar fusta. Aleshora, observant el títol de la tasca (canvi químic) i recordant la sessió anterior (canvi físic), ràpidament he pensat que la resposta aniria per aquí.

Penso que és important saber distingir aquests dos tipus de canvi per entendre de què parlem en cada cas.

Canvi-M 2.~

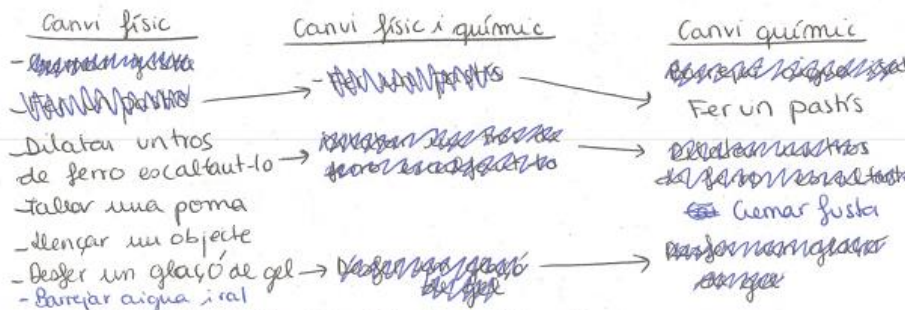
C12

C1-2

**Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual**  
**A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari**

1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.

- Barrejar aigua i sal
- Cremar fusta
- Fer un pastís
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
- Tallar una poma
- Llençar un objecte
- Desfer un glaçó de gel



2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?

He classificat els canvis seguint 3 criteris.

El primer, si patia canvi físic, el segon si patia algun canvi químic i el tercer si ~~es~~ hi havia canvi físic i químic alhora.

He utilitzat aquests tres criteris perquè primer havia pensat en si canviaven de forma, però ~~es~~ m'he adonat que gairebé tots la canviaven i se m'ha ocorregut utilitzar el criteri de canvi físic i químic. Per últim, m'he adonat que en alguns casos podia ocórrer ambdós canvis i, per això, he afegit un tercer criteri.



C13

C1-3

**Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual**

**A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari**

**1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.**

- Barrejar aigua i sal
- Cremar fusta
- Fer un pastís
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
- Tallar una poma
- Llençar un objecte → en principi no hauria canvi pel fet de llençar-lo.
- Desfer un glaçó de gel

CANVI FÍSIC	CANVI QUÍMIC
- Barrejar aigua i sal - Dilatar un tros de ferro escalfant-lo - Desfer un glaçó de gel	- Cremar fusta - Fer un pastís - Tallar una poma

**2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?**

Als canvis anteriors els he classificat en canvis químics o canvis físics perquè m'he fixat en si la transformació implica modificació de la matèria o no.

Físic: Barrejar aigua i sal és un canvi físic perquè la matèria en si no s'canvia. A més, si evapores l'aigua tornaries a tenir la sal. Dilatar un tros de ferro escalfant-lo és un canvi físic, ja que no canvia la matèria només canvia l'estat. Desfer un glaçó de gel és un canvi físic en no es modifica la matèria, segueix sent aigua.

Químic: Cremar fusta és un canvi químic perquè la matèria inicial es transforma en una altra, en aquest cas en carbó. Fer un pastís és un canvi químic també en matèria i també canvia l'estat. Tallar una poma quan s'explica a oxidar i per tant, es transforma la matèria.

Canvi-M 3.~

C14

C14

**UAB**  
Universitat Autònoma  
de Barcelona

DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES  
Grau d'Educació Primària

Curs 2015-16

**Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual**  
**A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari**

1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.

- Barrejar aigua i sal
- Cremar fusta
- Fer un pastís
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
- Tallar una poma
- Llençar un objecte
- Desfer un glaçó de gel

<u>Físics</u> Barrejar aigua i sal Dilatar un tros de ferro Tallar una poma Llençar un objecte Desfer un glaçó de gel	<u>Químics</u> Crema fusta Fer un pastís
--	--

2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?

He classificat els canvis en físics o químics perquè és el que recorde que vaig estudiar.  
La diferència és que un canvi físic no transforma una substància en una altra, mentre que el químic sí, a més de ser irreversible. Així, les substàncies obtingudes després d'un canvi químic tenen propietats diferents a les substàncies inicials.

Canvi-M 2.~

Canvi-M 3.~

## C15

Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual

A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari

1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.

- Barrejar aigua i sal Dissolució → Canvi químic
- Cremar fusta Ignició → Canvi químic
- Fer un pastís Barreja i cocció → Canvi químic
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo Dilatació → Canvi físic
- Tallar una poma Partició → Canvi físic
- Llençar un objecte Moviment → Canvi físic
- Desfer un glaçó de gel Descongelació → Canvi químic? físic.

Canvi químic  
B. Aigua i Sal  
Crema fusta  
Fer un pastís  
~~Desfer gel?~~

Canvi físic  
Dilatar ferro  
Tallar poma  
Llençar objecte  
Desfer gel?

2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?

Mirant si a nivell micro hi ha canvis en els enllaços de les partícules i si el resultat és una composició nova, o només és una aplicació de forces.

B21

Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual

A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari

B2-1

1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.

- Barrejar aigua i sal → Canvi químic (físic)
- Cremar fusta → Canvi físic químic
- Fer un pastís → Canvi químic
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo → Canvi físic
- Tallar una poma → Canvi físic
- Llençar un objecte → Canvi físic
- Desfer un glaçó de gel → Canvi físic

Canvi físic → canvi que no canvia la naturalesa de la substància. (Puc tornar entre altres coses a l'estat inicial, però canvia la naturalesa de la substància, canvis d'estat, dilatació o dissolució. → la substància al principi i al final és la mateixa

Canvi químic → es modifica la naturalesa de la substància.

2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?

Criteri: He classificat els canvis segons si han estat físics o químics. He utilitzat aquesta classificació perquè el que mostren aquests canvis pertanyen a un dels dos grups esmentats.

- Canvi físic → canvi d'estat
- Canvi químic → combinació entre elements

Canvi-M 1.-

B22

**B2.2**

Canvi químic

① Classificació dels canvis

\* Canvis físics

- Cremar fusta →
- Dilatar un tros de ferro de exafònic
- Trossejar una poma
- llençar un objecte
- Dissoldre un glaçó de gel

\* Canvi químic

- ← ■ Barrejar aigua i sal
- Fer un pastís

② Criteri de classificació

He escollit (i amb el grup hem consensuat) la classificació d'aquests canvis en canvi químic + canvi físic.

Canvi-M 1.-

B23

B2-3

**Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual**

A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari

**1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.**

- Barrejar aigua i sal → canvi físic
- Cremar fusta → canvi químic
- Fer un pastís → canvi químic
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo → canvi físic
- Tallar una poma → canvi físic
- Llençar un objecte → canvi físic
- Desfer un glaçó de gel → canvi físic

Els canvis els classificaria en físic i químic

canvis físics → són aquells canvis en que no varia la matèria de la substància (hi ha propietats que es mantenen: ex: en el cas de l'aigua i el gel). Es produeixen canvis fàcils ex: canvis d'estat, dilatació o dissolució

**2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?**

El criteri de classificació que he utilitzat és el de "canvi químic" i "canvi físic". Perquè els elements que es troben definits a l'exercici anterior fan referència a aquests dos tipus de canvis, m'ha semblat una manera senzilla de classificar-los i que a més, coincideix.

Canvi-M 3.~  
<continued by> 14:2

14:1~ <continued by>



B24

B2-4

**Preparació de la sessió de canvi químic - Tasca individual**

**A entregar en paper el dia 12 de novembre al seminari**

1. Com classificaries aquests canvis? Classifica'ls en els grups que creguis.

- Barrejar aigua i sal
- Cremar fusta
- Fer un pastís
- Dilatar un tros de ferro escalfant-lo
- Tallar una poma
- Llençar un objecte
- Desfer un glaçó de gel

canvis físics →

dilatar un tros de ferro escalfant-lo  
tallar una poma  
llençar un objecte  
desfer un glaçó de gel

canvis químics → barrejar aigua i sal (en el "limbo")  
cremar fusta  
fer un pastís

2. Quin criteri de classificació has utilitzat? Per què l'has utilitzat?

canvi físic → matèria invariable

canvi químic → modificació de la matèria.

Canvi-M 3.~

## Tasca Canvi 6 G1 i G2

### C11

Canvi físic: Tallar una poma



Canvi químic: Cremar fusta



Canvi-mf 4.~

Canvi-mq 2.~

FQ Sub a.3.~

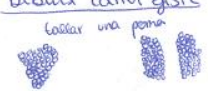
### C12

Canvi físic → canvia el seu aspecte, la naturalesa de la substància no canvia. (Canvi feble). Canvis d'estats (bullir aigua), dilatació o dissolució.


Jo se que la substància segueix sent el mateix pel color, perquè pot canviar d'estat, pel gust, la olor

No sempre el retornar a l'estat anterior és garantia de canvi físic.

Dibuix canvi físic  
Tallar una poma



Dibuix canvi químic  
Abans      Després



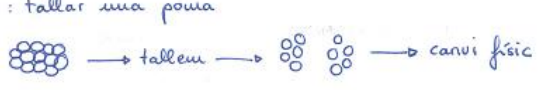
Canvi-mq 2.~

FQ Sub a.3.~

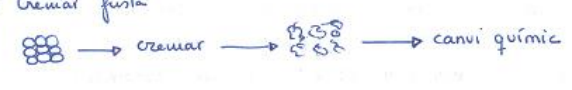
Canvi-mf 4.~

### C13

Canvi: tallar una poma



Canvi: cremar fusta







Canvi-mf 2.~

FQ Sub a.3.~

Canvi-mq 2.~

C14

Físic  
 tallar una poma  
 - abans de tallar  - després de tallar 

Químic  
 cremar fusta  
 - abans de cremar  - després de cremar 

Canvi mf 4.~

Canvi mq 2.~  
 FQ Sub a.3.~

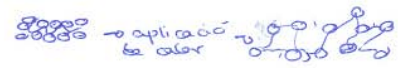
C15


Canvi físic  
 *cuchillo*

Canvi químic  
 *Partícules juntes i ben unides*  
*Partícules més separades i poc unides*  
*No cremat*  
*cremat.*

Canvi mf 4.~  
 Canvi mq 2.~  
 FQ Sub a.3.~

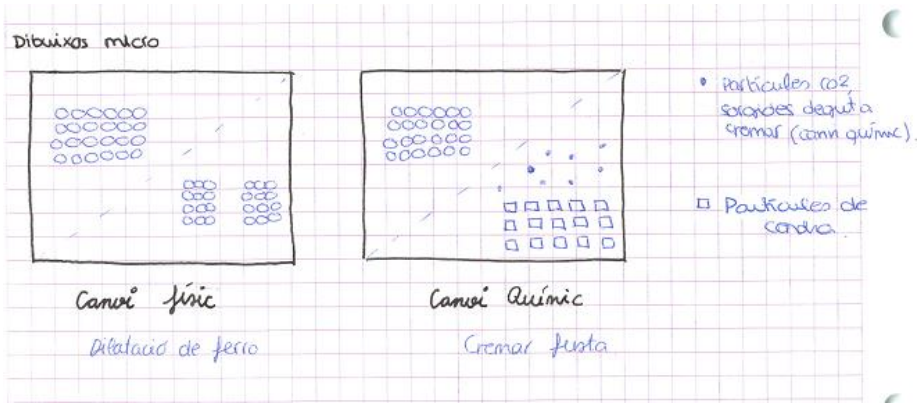
B21

canvi físic (seble)  
 ex: ferro  
 *aplicació de calor*

canvi químic  
 ex: pasta  
 *calor*  
 $\leftarrow \text{CO}_2$   
*cendra*

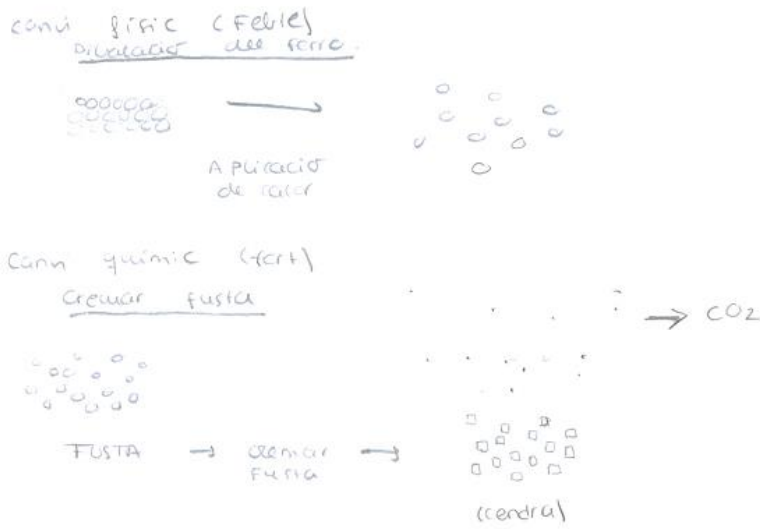
Canvi mf 4.~  
 FQ Sub a.4.~  
 FQ Sub c.4.~  
 Canvi mq 2.~

B22



Canvi-mq 2.-  
Canvi-mf 3.-  
FQ Sub a.4.-

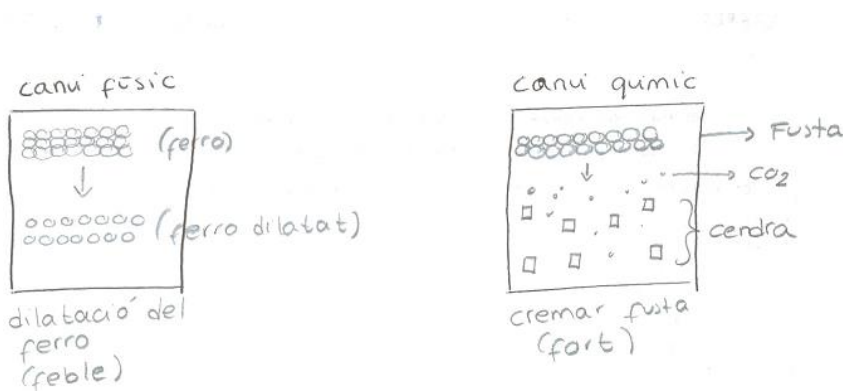
B23



Canvi-mf 4.-  
FQ Sub a.4.-

Canvi-mq 2.-

B24



Canvi-mf 4.-  
FQ Sub a.3.- Canvi-mq 2.-

## Tasca Canvi 11 G1 i G2

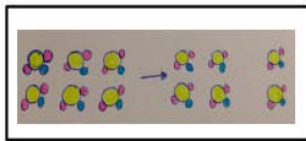
### C11

**Dibuix: "Canvi físic i canvi químic"**  
**Tasca individual (portar-lo imprès a classe el 19 de novembre)**

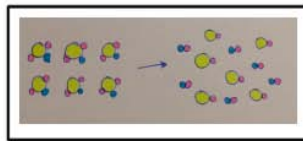
**1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:**

- Canvi físic: Esmicolar un tros de paper.
- Canvi químic: Cremar un tros de paper.

**2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?**



Canvi físic (feble)



Canvi químic (fort)

**3. Per què ho has dibuixat així? Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).**

He imaginat que el paper està format per diferents components i els he representat amb diferents colors i amb una organització totalment inventada. Realment no sé quins són aquests components, ni quants n'hi ha de cadascun d'ells, ni tampoc com estan organitzats. Per tant, al dibuix he representat 3 components diferents: groc, blau i rosa. De color rosa n'he fet 2 per cada molècula perquè entenc que podria haver més d'un àtom de cada component i així ho he volgut exemplificar.

En el canvi físic, veiem que en trencar-se el paper, l'únic canvi que es produeix és que allà on hi ha el tall, unes partícules queden a una banda i les altres a l'altra. Però les partícules continuen sent les mateixes, ja que, tal com veiem al dibuix, estan formades per un àtom groc, dos roses i un de blau organitzats tots ells de la mateixa manera com es trobaven en un inici. La única diferència és la distància entre aquestes partícules.

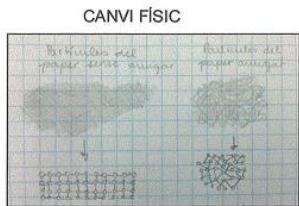
En contraposició, en el canvi químic, veiem que en cremar-se el paper, els components es reorganitzen de manera que formen una altre tipus de matèria totalment diferent: la cendra i el fum. En el cas del dibuix, el component groc s'enllaça amb el rosa i l'altre rosa s'enllaça amb el blau. Cal dir que en aquest cas, per tal que fos més visual i fàcil d'entendre, el nombre de components s'ha mantingut, però podria ser que el nombre no coincidís després de la reacció química, ja que es poden transformar en d'altres coses.

Cal remarcar que els dibuixos representen una hipòtesi fictícia que permeti entendre millor les diferències entre els canvis físics i químics.

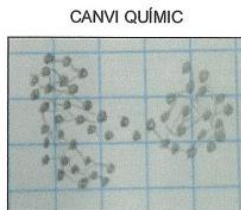
C12

**Dibuix: "Canvi físic i canvi químic"**  
**Tasca individual (portar-lo imprès a classe el 19 de novembre)**

1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:
  - **Canvi físic:** arrugar un paper
  - **Canvi químic:** cremar un paper
2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?



Les partícules del paper arrugat segueixen sent les mateixes que quan està pla, sense arrugar. Les partícules i els enllaços estan ordenadament.



En aquest canvi, les partícules han passat a estar en contacte amb el foc i han canviat. Els enllaços són més dèbils i les partícules també, ja que s'han cremat.

3. **Per què ho has dibuixat així?** Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).

Al canvi físic he dibuixat el paper sense arrugar amb les partícules ordenades perquè m'imagino les partícules ordenades i entrefilades com un teixit. M'he basat també en la típica fotografia d'un teixit que està entrefilat i això potser m'ha condicionat una mica, però jo me l'imagino així. Quan he dibuixat les partícules del paper arrugat m'he imaginat com si en aquella estructura tot es desordenés i es dobleguessin entre elles, però les partícules segueixen sent les mateixes. M'ha vingut al cap la imatge d'un cabdell de llana on tot és caos, però segueix sent llana, doncs en el paper ocorre el mateix.

Al canvi químic he dibuixat les partícules de color negre i amb els enllaços dèbils i alguns trencats perquè, al cremar-se, les partícules del foc han estat en contacte amb les del paper i han creat una substància nova. Aquesta substància nova l'he dibuixada negra una mica condicionada pel color del paper cremat a nivell macro. A més, aquestes partícules del foc han debilitat els enllaços.

# Canvi-mf 3.~  
# FQ Sub a.4.~  
# < continued by> 26:3

# Canvi-M 3.~  
# 26:1 < continued by>

# FQ Sub c.1.~  
# FQ Sub g.2.~  
# 26:2 < continued by>



## C13

**Dibuix: "Canvi físic i canvi químic"**  
**Tasca individual (portar-lo imprès a classe el 19 de novembre)**

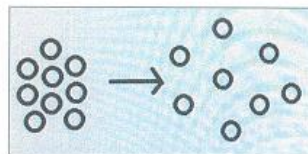
1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:

- Canvi físic: Canvi d'estat d'aigua sòlida a aigua líquida
- Canvi químic: Fregir un ou

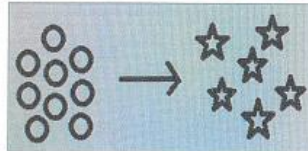


2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?

Canvi d'estat d'aigua sòlida a aigua líquida →  
 (CANVI FÍSIC)



Fregir un ou →  
 (CANVI QUÍMIC)



3. Per què ho has dibuixat així? Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).

En la primera imatge he dibuixat el canvi d'estat d'aigua sòlida a aigua líquida, és un fenomen que implica transformació però no modifica la matèria, per tant, és un **canvi físic (matèria invariable)**. A l'inici les partícules estan molt juntes les unes de les altres, ja que estan congelades (textura sòlida i dura) i no poden moure's, però quan passen a l'estat líquid ( tipus aquos) se separen i tenen més mobilitat. Així doncs, les boletes (que representen les partícules d'aigua) són les mateixes tant a l'inici com al final del canvi, ja que l'aigua segueix sent aigua estiguin les partícules més unides o menys. He dibuixat les partícules d'aigua "rodones", per simplificar el dibuix i fer-lo més visual, encara que estiguin formades per H<sub>2</sub>O.

En la segona imatge, he dibuixat com m'imagino les partícules alhora de fregir un ou. Com que aquest fenomen implica una transformació amb modificació de la matèria, en diem que és un **canvi químic (matèria transformada)**. A l'inici les partícules són d'una manera, amb unes propietats (x) però com que hi ha hagut una transformació, concretament una **combustió**, les partícules s'han transformat i han canviat la seva composició, ordenació i configuració. És per aquest motiu que primer les dibuixo de forma "rodona" i després de forma "d'estrella" per simular aquest canvi "fort". De nou, he dibuixat les partícules de forma senzilla, per simplificar i fer-ho més visual, ja que d'aquesta manera ho entenc millor.

🔍 FQ Sub a.4.~  
 🔍 FQ Sub c.4.~  
 🗨️ < continued by> 27:3

🔍 Canvi-mq 2.~  
 🗨️ < continued by> 27:4

🔍 Canvi-M 3.~  
 🔍 Canvi-mf 4.~  
 🔍 FQ Sub a.4.~  
 🗨️ 27:1 < continued by>

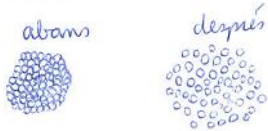
🔍 FQ Sub f.3.~  
 🗨️ 27:2 < continued by>

C14

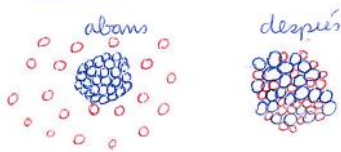
Grup: C1

Canvi químic

Canvi físic - Desfer un tros de gel.



Canvi químic - Oxidació d'un metall



3. Per què ho has dibuixat així?

En el canvi físic les partícules són les mateixes, però només varia la distància entre elles.

En el canvi químic les partícules varien. Observem que en el primer dibuix n'hi ha dos tipus, mentre que en el segon s'han unit formant-ne una sola. És per això que en aquest canvi el color i alguna propietat del material varien i en el físic no.

Canvi-mf 4.~  
FQ Sub a.3.~  
< continued by> 28:3

Canvi-mq 3.~  
FQ Sub a.3.~  
FQ Sub g.4.~  
< continued by> 28:4

28:1 < continued by>

Canvi-M 3.~  
28:2~ < continued by>

# C15

**Dibuix: "Canvi físic i canvi químic"**  
**Tasca individual (portar-lo imprès a classe el 19 de novembre)**

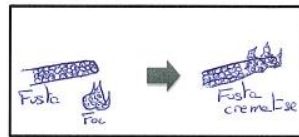
1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:

- Canvi físic: Dissolució d'aigua i sal
- Canvi químic: Fusta cremant-se

2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?



Canvi físic (feble)



Canvi químic (fort)

3. Per què ho has dibuixat així? Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).

En la dissolució simplement és com una suma d'un element i un altre, però tots 2 no canvien les seves propietats i poden tornar fins i tot al seu estat anterior (és el procés que succeeix en les salinitzadores), les partícules s'ajunten uniformement entre els blocs <sup>col·loquen</sup> que existeixen entre elles.

En el cas de la fusta imagino les partícules de la fusta totes unides, fermament. Les del foc imagino que es mouen ràpidament i més petites i quasi no estan unides, sino que en l'origen estan unides perquè apareix la combustió i al dispersar-se acaben consumint-se i transformant-se en altra cosa.

Quan la fusta es crema imagino que les partícules trenquen els enllaços per formar part de la combustió del foc i des que es queden tenen una forma <sup>diferent</sup> (respecte a les partícules anteriors) i un altre color, el negre. Els enllaços llavors són més febles perquè hi ha un major quantitat.

Canvi-mf 4.~  
 FQ Sub a.3.~  
 <continued by> 29:3

FQ Sub g.2.~  
 <continued by> 29:4

Canvi-M 3.~  
 29:1 <continued by>

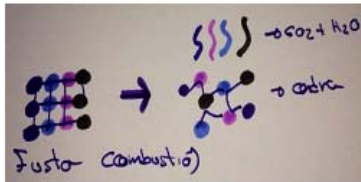
Canvi-mq 2.~  
 FQ Sub c.1.~  
 29:2 <continued by>

## B21

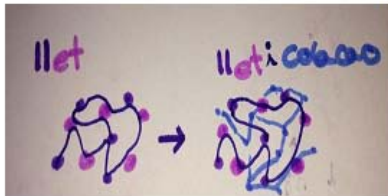
1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:

- Canvi físic: llet → llet amb colacao
- Canvi químic: fusta → fusta cremada

2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?



Canvi químic (feble)



Canvi físic (fort)

3. Per què ho has dibuixat així? Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).

Els canvis físics no impliquen grans canvis ni diferències ni a nivell macro ni micro. En el cas de la llet i el colacao, com veiem en el dibuix, ni les partícules de llet ni la seva disposició han canviat, simplement, després de fer la barreja, hi ha no només partícules de llet, sinó que també partícules de colacao. Com que aquesta dissolució és homogènia, a simple vist veiem que la llet canvia de color, també té un altre sabor, etc., això ens podria fer pensar que la llet ha canviat a nivell de partícules, però en realitat no. Simplement hem passat de tenir llet a tenir llet amb colacao. Un canvi

físic, per tant un canvi que no implica canvis ni en la disposició ni en els enllaços de les partícules.

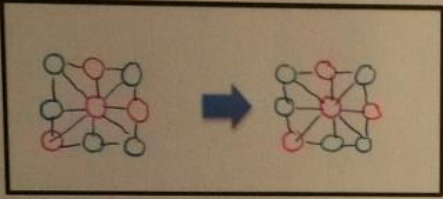
Els canvis químics són canvis que considerem forts, i a simple cop d'ull podem veure grans transformacions en material que ha patit el canvi. Si partim de la idea que la matèria ni es crea ni es destrueix, hem de pensar que quan es realitza un canvi químic no és que apareguin partícules noves o desapareguin algunes, sinó que els enllaços entre partícules i la disposició presentaven inicialment han canviat.



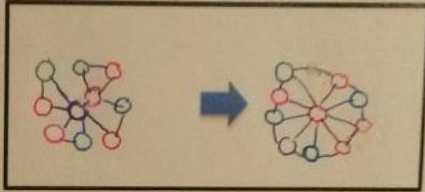
B22

1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:  
- Canvi físic: moure una caixa de castro  
- Canvi químic: congelar un iogurt.

2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?



**Canvi físic (feble)**  
La distribució de les partícules no canvia



**Canvi químic (fort)**  
La distribució de les partícules canvia

3. Per què ho has dibuixat així? Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).

→ Pel que fa el canvi físic (feble) a nivell macro s'observa un canvi de posició, però realment a nivell micro no ha hagut canvi en la distribució de les partícules del material.

→ Pel que fa el canvi químic (fort) podem observar que tant pel que fa el nivell macro, com pel que fa el nivell micro, hi ha canvis, ja que la distribució de partícules ha canviat també.

- Canvi-M 2.~
- Canvi-mf 3.~
- Canvi-mq 3.~
- FQ Sub a.4.~

## B23

1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:

- Canvi físic: Canvi de posició d'una pilota
- Canvi químic: Cremar un tros de plàstic

2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?

LA DISPOSICIÓ DE LES PARTÍCULES  
ÉS LA MATEIXA

*Canvi físic (feble)*

LA DISPOSICIÓ DE LES PARTÍCULES  
HA CANVIAT

*Canvi químic (fort)*

3. Per què ho has dibuixat així? Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).

En el canvi físic he mantingut les molècules disposades de la mateixa manera, perquè malgrat canviar la disposició a l'espai de la pilota, a nivell micro no hi ha cap tipus de modificació de la matèria ni de les partícules.

En canvi, en el canvi químic, hi ha una modificació molt forta de la matèria, de plàstic es passa a cendra. Hi ha un gran canvi, perquè el material no és el mateix, les seves propietats principals canvien. Canvia el color, el volum, l'olor... A escala de partícules els components són els mateixos, canvia la seva disposició, les connexions entre molècules.

- Canvi-mq 3.~
- < continued by> 23:4~
- Canvi-mf 3.~
- FQ Sub a.4.~
- < continued by> 23:3

- 23:2~ < continued by>

- Canvi-M 3.~
- 23:1 < continued by>



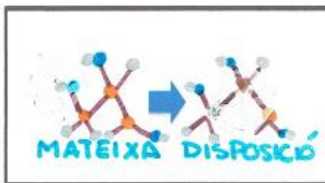
## B24

1. Pensa en un canvi feble i un canvi fort i escriu-los:

- Canvi físic: Arrugar un paper

- Canvi químic: Cremar un paper

2. Dibuixa com t'imagines "per dins" un canvi físic i un canvi químic. Per fer-ho, pensa: Què canvia en cada cas a nivell de partícules?



Canvi físic (feble)



Canvi químic (fort)

3. Per què ho has dibuixat així? Justifica-ho connectant el fenomen/canvi (observació a nivell macro) amb el dibuix (les idees del model a nivell micro).

Com bé sabem, un canvi físic es produeix quan hi ha una transformació en la qual la naturalesa de la matèria no varia, és a dir, on la substància segueix sent la mateixa substància malgrat haver-se produït una transformació. Per contra, el canvi químic fa referència a la variació de la matèria quan es produeix una transformació, i per tant, les substàncies inicials es converteix en altres substàncies noves, que tenen diferents propietats.

A partir d'aquí podem dir que el primer dibuix representa un canvi físic o feble, i que per tant, el dibuix abans i després de la transformació és el mateix, perquè

el fet d'arrugar el paper no fa variar la naturalesa d'aquest, sinó que simplement tenim un paper però arrugat. No es tracta d'una altra substància, és el mateix paper, i per això, no hi ha cap canvi des de la visió micro, en les partícules.

Però, i si aquest paper el cremem? Serà un canvi físic igual? Doncs no, el fet de cremar el paper ja fa que aquest canvi de ser un paper a ser cendra, i per tant, les molècules trenquen els enllaços per generar-ne uns de nous; el que anomenem canvi químic o fort. És a dir, que la manera en la qual es disposen les molècules, canvia. Per aquest motiu, sí que veiem un canvi en el dibuix d'abans de la transformació, al de després, que correspon a la col·locació de les molècules en diferent ordre.

Canvi-mq 3.~  
 <continued by> 24:5  
 Canvi-mf 3.~  
 FQ Sub a.4.~  
 <continued by> 24:4

Canvi-M 3.~

24:2 <continued by>

24:1 <continued by>

Tasca Canvi 17 G1 i G2

C11

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i més (1p)

*Cremar el cartró és químic perquè comença l'olor, veiem que surt fum i canvia el color, ja que s'emboqueix. Hi ha una reacció química en que els àtoms de les partícules es reconfiguren formant aliances diferents de les inicials.  
Mullar el cartró és físic perquè veiem un canvi físic, menys un canvi de color i al principi també però la substància és la mateixa, el que la canvia és la distància o relació entre les partícules, no entre àtoms. Els àtoms estan configurats de la mateixa manera que a l'inici.*

b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginen cada canvi "per dins". Digueu un error que identifiqueu en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
<i>Idea prèvia o error: La matèria es continua. La vida del cartró com a ratlles no permet entendre que la matèria és discontinua i l'aigua es posa entre mig de les partícules de cartró. Malgrat això, que hi ha igualment partícules, el dibuix no ho explica bé.</i>	<i>Idea prèvia o error: Les partícules no tenien espais entremig. Veem el cartró com un tot i per això després l'aigua l'heu dibuixada a sobre, perquè no hi ha espais per col·locar-los entremig.</i>
CREMAR CARTRÓ	
<i>Idea prèvia o error: el foc és una partícula. No entén que el foc és una reacció en que hi ha moltes partícules que estan interaccionant, però no podem parlar de partícules de foc.</i>	<i>Idea prèvia o error: la matèria es crea. No entén la idea de la conservació de la matèria, ja que el CO2 ha sortit com per art de màgia, en el dibuix inicial no hi apareixen les molècules de Carboni i Oxigen.</i>
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ

Canvi-M 4.~  
< continued by > 7:3~  
< continued by > 7:5

FQ Sub a.4.~

Canvi-mq 4.~  
FQ Sub a.4.~  
7:1 < continued by >  
FQ Sub g.4.~

Canvi-mf 4.~  
FQ Sub a.4.~  
7:1 < continued by >

C12

2. Model matèria (3p)

Perdó per la lletra! 😊

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartrons d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidíu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

- a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i macro (1p) **Mullar cartró** és un canvi físic, ja que una vegada s'ha mullat el cartró, segueix sent aigua i cartró. No canvia, no hi ha hagut un canvi d'olor, gust... A nivell de partícules, sabem que les partícules d'aigua s'ajunten amb les del cartró, des partícules d'aigua es figuren entre les del cartró, i així el cartró és un canvi químic ja que ha reaccionat a l'entrar en contacte amb un altre element, el foc. El resultat és un altre que no hi havia a l'inici, la cendra, com a resultat de la combustió. Les partícules del cartró entuen en contacte amb el foc i l'O<sub>2</sub> i es reaccionen emetent vapor d'aigua i CO<sub>2</sub>. Algunes partícules marxen a l'ambient amb el fum. Totalló que entra en contacte amb foc i s'oxida és un canvi químic.
- b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginen cada canvi "per dins". Digues un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: No barreja les partícules, sinó que al posar-les per làmines les està separant i no està entenent que les partícules dels dos s'han d'ajuntar.	Idea prèvia o error: Les partícules d'aigua no es figuren a sobre de les del cartró, sinó que es barreja, haurien d'estar entre els del cartró.
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: Si falta dibuixar com les partícules de CO <sub>2</sub> i vapor d'aigua deuen d'estar amb les de la cendra. Potser l'un que desapareixen i no es així.	Idea prèvia o error: Les partícules resultants haurien de ser les mateixes que havia a l'inici, no hi ha res nou. Si falta dibuixar el foc i les partícules del foc.
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ

Canvi-M 4.~

FQ Sub a.3.~

Canvi-mq 3.~  
FQ Sub g.3.~  
6:4~ < continued by >

Canvi-mf 4.~  
FQ Sub a.3.~  
6:4~ < continued by >



C13

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i **micro** (1p) *Mullar el cartró és un canvi feble (físic) perquè no canvia la naturalesa de substàncies, mentre que cremar un cartró és un canvi fort (químic), ja que sí canvia la naturalesa de les substàncies que el componen. Quan mulem un cartró veiem que el cartró deixa passar l'aigua. A nivell micro és que l'aigua ocupa els espais entre del cartró. Quan cremem el cartró veiem que canvia el seu aspecte (color) i l'olor. A nivell micro és que les partícules formen el cartró es reconfiguren.*

b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginen cada canvi "per dins". Digueu un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: <i>Les partícules de cartró no poden estar laminades i les partícules d'aigua hanien d'estar entre les partícules del cartró.</i>	Idea prèvia o error: <i>Les partícules de l'aigua no es poden posar a sobre de les partícules del cartró, es col·loquen entre els espais entre del cartró.</i>
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: <i>No dibuixa la matèria que es desprèn en forma de CO2 (fum)</i>	Idea prèvia o error: <i>No explica el fenomen para directament del cartró → a la cendra i les partícules. (combustió)</i>
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ

Canvi-M 4,~  
<continued by> 9:3  
<continued by> 9:4

FQ Sub a.4,~

Canvi-mq 3,~  
FQ Sub g.3,~  
9:1 <continued by>  
Canvi-mf 4,~  
FQ Sub a.4,~  
9:1 <continued by>

C14

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i macro (1p) *Mullar cartró és físic perquè no canvia la seva composició, sinó la disponibilitat de les partícules, és a dir, les partícules d'aigua es passen entre les del cartró. A nivell macro, el cartró no canvia de color (pràcticament), d'olor, de densitat... Cremar cartró és químic perquè l'energia cal·fàctica del foc provoca que les partícules de cartró es transformin en partícules de cendra, així que la composició del material és que varia. A nivell macro, els canvis són de color, d'olor, d'aspecte...*

b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginarien cada canvi "per dins". Digues un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: <i>Es un dibuix a nivell macro. Per exemple, el cartró està representat amb línies en comptes de partícules.</i>	Idea prèvia o error: <i>Les partícules d'aigua es passen a sobre de les de cartró i no es barregen.</i>
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: <i>No es pot representar el foc amb partícules perquè el que actua és l'energia, no el foc en si.</i>	Idea prèvia o error: <i>Per poder donar lloc a una combustió fa falta representar l'oxigen en el primer dibuix.</i>
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ

Canvi-M 4.~  
<continued by> 10:4~  
<continued by> 10:5

FQ Sub a.4.~

FQ Sub g.4.~

Canvi-mq 2.~  
FQ Sub g.4.~  
10:1 <continued by>  
Canvi-mf 4.~  
FQ Sub a.4.~  
10:1 <continued by>

C15

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronsets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

- a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i micro (1p) El cartró mullat és un canvi físic. Veiem a nivell macro com el cartró canvia: una peça de cartró, només queda més tou. Si aplaquem el cartró formem i obtenim l'aigua (part d'ella). A nivell micro imaginem que les partícules no han canviat perquè no s'han produït elements nous, només les de l'aigua s'han col·locat entre els espais que hi havia entre les partícules de cartró. El cartró cremat és un canvi químic perquè veiem foc, fum i cendra com a resultat, el cartró ja no hi és. A nivell micro imaginem que les partícules es combinen de manera diferent, generant-se elements nous (aigua, diòxid de carboni i cendra).
- b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginarien cada canvi "per dins". Digues un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: No dibuixa partícules, només gotes d'aigua i làmines de paper que formen el cartró.	Idea prèvia o error: El cartró ho dibuixa com un sòlid en el qual no hi ha espai entre les partícules, per això l'aigua es fica a sobre de les partícules del cartró, no entre elles.
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: No existeixen les partícules de foc, aquest només és una combustió (energia).	Idea prèvia o error: El cartró hot sol no produeix CO2 i cendra, ha d'interaccionar amb algun element.
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ

Canvi-M 3.~  
 < continued by> 11:4  
 < continued by> 11:5

FQ Sub a.4.~

FQ Sub g.4.~

Canvi-mf 4.~  
 FQ Sub a.4.~  
 11:1 < continued by>  
 Canvi-mq 2.~  
 FQ Sub g.4.~  
 11:1 < continued by>



B21

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartrons de d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i macro (1p)

*macro*  
 → **cremar cartó** → és un canvi químic ja que: (A nivell macro) (es substaàncies originals (reactius) no són les mateixes després del canvi (productes) les característiques intrínseques dels reactius no són les mateixes que les dels productes. (A nivell micro) La configuració interna de les partícules ha canviat ja que els àtoms s'han reconfigurat.  
 → **mullar cartó** → és un canvi físic ja que: (A nivell macro) Les partícules no canvien la relació entre elles o el seu comportament. Les partícules de la substància original són les mateixes al principi que al final del canvi. (A nivell micro) Les substàncies no canvien i es mantenen les propietats intrínseques dels materials.

b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginen cada canvi "per dins". Digues un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: El cartó no està representat per partícules.	Idea prèvia o error: La matèria és contínua. No hi ha espais entre les partícules de cartó i aigua.
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: Canvi (a reacció química) amb un reactiu.	Idea prèvia o error: Aparen noves partícules i desapareixen altres.
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ
<i>legenda</i> →	

Canvi-M 4.~  
 < continued by > 3:4  
 < continued by > 3:5

FQ Sub a.4.~

FQ Sub g.4.~

Canvi-mq 4.~  
 FQ Sub g.4.~  
 3:1 < continued by >  
 Canvi-mf 4.~  
 3:1 < continued by >

B22

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidíu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i màcro (1p)

**Canvi físic:** Mulla el cartró → **Màcro:** Podem veure que estem tenint el mateix material (cartró i aigua) però en disposició de les partícules ha canviat ja que s'han barrejat. Les partícules de cartó que estaven

**Canvi químic:** Cremar cartró → **Màcro:** Podem observar que la matèria ha canviat. Tenim cartró i ara tenim cendra, tot a que no es veuen, si ha desaparegut. (O<sub>2</sub> i vapor d'aigua). Per tant, les partícules inicials han canviat (és) que no es veuen ni tan sols després, estan en forma de gas.

b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginen cada canvi "per dins". Digues un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: Interpretava que el cartró no està format per partícules (considera que només és líquid (aigua) en tenir).	Idea prèvia o error: Les partícules es solapaven unes sobre les altres, les ajuntava / barreja.
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: Interpretava que existeixen les partícules de foc.	Idea prèvia o error: No hi ha la mateixa matèria a l'inici que al final.
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	
DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ	

○ = partícules de cartró  
 ○ = partícules d'aigua

○ = partícules d'oxigen → les que es veuen en el principi no han canviat, cremat i pel fum no s'han modificat.  
 ○ = partícules de vapor d'aigua  
 ○ = partícules de cendra  
 ○ = partícules de CO<sub>2</sub>  
 ○ = partícules de fum

Per veure 3 partícules de cartó i 3 partícules d'oxigen, com el canvi químic cremar 2 partícules de CO<sub>2</sub> i partícules de vapor d'aigua.

- Canvi-M 3,~
- < continued by > 4:5~
- < continued by > 4:6
- FQ Sub a.3,~
- < continued by > 4:5~
- FQ Sub g.4,~
- Canvi-mq 3,~
- FQ Sub g.4,~
- Canvi-mf 4,~
- 4:1 < continued by >
- 4:3 < continued by >
- FQ Sub a.3,~
- 4:1 < continued by >

B23

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i micro (1p) micro

Mullar el cartró és un canvi físic. Veiem com les partícules físiques dels materials sintètics que formen el cartró canviem d'espai i de forma. A nivell micro, veiem com les partícules dels materials sintètics canviem d'espai i de forma, però que les partícules no canvien, només es reorganitzen. En canvi, cremar el cartró és un canvi químic. Veiem com les partícules dels materials sintètics canviem d'espai i de forma, però que les partícules canvien, formant noves partícules. A nivell macro, veiem com el cartró canvia de forma i de color, però en canvi, les partícules dels materials sintètics canviem d'espai i de forma, però que les partícules canvien, formant noves partícules.

b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginen cada canvi "per dins". Digueu un error que identifiqueu en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ		
Idea prèvia o error: Les partícules de l'aigua i del cartró no poden estar barrejades per límits. Realment s'interpenetren i presenten les partícules d'ambdós materials disposades com a una única massa de matèria en petites unitats.		Idea prèvia o error: La idea no és que l'aigua es dibuixi a sobre del cartró, encara que ho pugui semblar a nivell macro. Realment, a nivell micro, és que les partícules d'ambdós materials es barregen. Per això, no s'hauria de separar les partícules d'aigua i de cartró.
CREMAR CARTRÓ		
Idea prèvia o error: Per cremar, no existeixen partícules de foc, és el que veiem com a foc. A més, no té en compte que el cartró també té partícules d'aigua i de carboni, i que a causa d'això, el foc i el cartró es barrejen formant una única massa.		Idea prèvia o error: NO té en compte que en cremar el cartró hi ha altres components que no són el cartró i el foc, com el carboni i l'aigua. També no té en compte que el cartró té partícules d'aigua i de carboni, i que a causa d'això, el foc i el cartró es barrejen formant una única massa.
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ		DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ
partícules d'aigua i partícules de cartró barrejades i interpenetrades.		partícules de cendra i altres components del cartró i del foc.

Canvi-M 4.~  
 FQ Sub f.3.~  
 <continued by> 5:3~  
 <continued by> 5:5

FQ Sub a.4.~

Canvi-mq 4.~  
 5:1 <continued by> FQ Sub g.4.~

Canvi-mf 4.~  
 FQ Sub a.4.~  
 FQ Sub c.4.~  
 5:1 <continued by>



B24

2. Model matèria (3p)

Imagina que estàs a l'aula de primària i aquella setmana us han sobrat molts cartronets d'una activitat de plàstica. Parlant amb els alumnes sobre tot el que se li pot fer al cartró, decidiu provar i observar dos processos diferents: en un cas cremar-lo i en un altre cas mullar-lo.

- a) Identifica quin és un canvi físic i quin un canvi químic i explica per què a nivell macro i micro (1p). El canvi físic és el de mullar el cartró, perquè a nivell macro seguim veient que malgrat estigui mullat segueix sent cartró, la matèria inicial és la matèria que la final. I des d'una vista micro, veiem que les partícules d'aigua i les del cartró són les mateixes en un micro, l'únic que canvia és la seva unió. No es crea un altre element. En els canvis físics les propietats intenses no canvien, el cartró segueix sent cartró i té la mateixa color per exemple. En canvi, el canvi químic és el de cremar cartró perquè es produeix una combustió, i així fa que les propietats intenses del cartró canviïn perquè es produeix un producte nou, de cartró passa a cendres. A nivell micro veiem com les partícules de cartró s'oxigen, hidrogenem i cendrem. Oxigen + aigua.
- b) A continuació hi ha possibles dibuixos que podrien fer els teus alumnes quan els demanes dibuixar com s'imaginen cada canvi "per dins". Digues un error que identifiquis en cada dibuix (1p), i fes un dibuix millorat (on s'incorporin els aspectes adequats que hi ha en els dibuixos i es superin les limitacions/errors) (1p).

MULLAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: No relaciona el cartró amb partícules, ni l'aigua. És a dir, no interpreta bé que les substàncies a nivell micro estan formades per partícules.	Idea prèvia o error: Algunes molècules del cartró desapareixen per poder l'aigua a dins. Recordem que <del>la matèria</del> no es crea ni es destrueix.
CREMAR CARTRÓ	
Idea prèvia o error: No existeixen les partícules de foc, el foc és on es produeix el canvi, és la prova que demostra que hi ha un canvi químic. Però els materials que interaccionen són el cartró i l'oxigen.	Idea prèvia o error: Dibuixa el CO2 només un cop, es crema el cartró, i no el té en compte quan hi ha cartró. Perquè no veu que hi ha oxigen en un primer panell, i que el CO2 sorgeix de la reacció de l'oxigen amb el cartró gràcies al foc, i que per tant, ja estava a l'entorn. Recordem que la matèria ni es crea ni es destrueix, es transforma.
DIBUIX MILLORAT MULLAR CARTRÓ	DIBUIX MILLORAT CREMAR CARTRÓ

Canvi-M 4.~  
 < continued by > 6:4~  
 < continued by > 6:5



FQ Sub a.4.~

Canvi-mq 4.~      FQ Sub g.4.~  
 6:1 < continued by >  
 < continued by > 8:3  
 < continued by > 8:4

Canvi-mf 4.~  
 FQ Sub a.4.~  
 6:1 < continued by >

Tasca Flot 10 G1 i G2

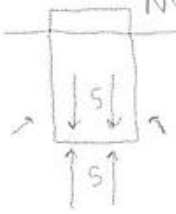
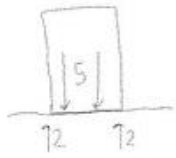
C11

	Objecte que sura	Objecte que està enfonsat
	<b>Ex. Coca-cola light en aigua</b>	<b>Ex. Coca-cola normal en aigua</b>
	Malgrat ambdues llaunes tenen la mateixa forma i mides i poden emmagatzemar la mateixa quantitat de líquid, el que fa que s'enfonsi o suri a l'aigua és la suma de les densitats de les substàncies que la componen.	
<p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la densitat.</p>	<p>La Coca-cola light <u>no té sucre</u>. En lloc d'aquest sucre li han afegit un edulcorant. El conjunt d'ingredients + la mica d'aire que hi ha a dins + la llauna és <u>menys dens</u> que el líquid en què s'ha submergit (aigua). Com que la diferència de densitats és molt poca, la llauna queda en equilibri per la vora superior. Aquesta mica que queda fora l'aigua és, en volum d'aigua, el valor de la diferència entre les dues densitats (aigua i llauna). Podem dir que el pes d'aquesta llauna (amb tots els seus components) és igual al pes en volum d'aigua del forat que ha generat, o el que és el mateix, és igual al volum d'aigua desplaçada.</p>	<p>La Coca-cola normal té <u>molt de sucre</u> i, per tant, pesa més. El conjunt d'ingredients + la mica d'aire que hi ha a dins, + la llauna és <u>més dens</u> que el líquid en què s'ha submergit (aigua). Com que la densitat és més gran, la llauna s'enfonsa en l'aigua. El forat que ha generat és lleugerament més gran que en el cas de la light perquè tot el seu volum s'ha submergit completament. Per tant, si el pes d'aquesta llauna (amb tots els seus components) és igual al volum d'aigua desplaçada, la llauna normal <u>pesarà més que la light</u>.</p>
<p>Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la força pes i l'empenta.</p>	<p>La llauna està en <u>equilibri</u>. Interaccionen dues forces: el centre de la Terra amb la llauna i l'aigua amb la llauna. L'aigua empeny la llauna cap amunt i el centre de la Terra estira cap a baix la llauna. L'<u>empenta</u> que rep la llauna equival al <u>pes</u> en aigua del volum de la llauna submergida. La llauna sura perquè el pes<sup>1</sup> i l'empenta es poden <u>contrarestar</u> (s'equilibren), ja que l'aigua és capaç de sostenir la llauna perquè l'aigua és més densa que aquesta. L'empenta és, doncs, equivalent al volum d'aigua del forat que ha generat.</p> 	<p>La llauna està en <u>equilibri</u> perquè està tocant el fons del recipient. Interaccionen les mateixes forces que abans però amb diferent intensitat. El <u>pes</u> de la llauna és tan gran que l'<u>empenta</u> que rep de l'aigua no pot contrarestar aquesta força, ja que l'aigua no té prou densitat, així que acaba <u>quanyant el pes</u>. La llauna s'enfonsa perquè l'aigua no pot fer una empenta cap amunt de la mateixa intensitat que el pes per unitat de volum de la llauna.</p>  <p>Falta parlar de la força "normal"</p>

Flot-D 4~  
Flot-F 3~

<sup>1</sup> Sempre que parlem de pes, ens referim a la força que exerceix el centre de la Terra en atraure la llauna.

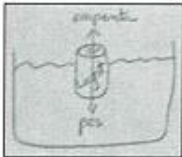

C12

	Objecte que sura Ex. Coca-cola light en aigua	Objecte que està enfonsat Ex. Coca-cola normal en aigua
Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la <b>densitat</b> .	<p>La llauna, juntament amb els ingredients que conté (conté menys sucre que la normal) i la petita quantitat d'aire que conté fa que la llauna sigui <b>menys densa</b> que l'aigua del recipient. Com la diferència de densitat és infima, la llauna no acaba d'enfonsar-se del tot i queda surant una mica, quedant en <b>equilibri</b> amb el líquid del recipient.</p> <p>El volum del forat que s'ha fet en el líquid del recipient (aigua) equival al pes de la llauna i els seus components.</p>	<p>La llauna, juntament amb els ingredients que conté (té més sucre que la light) i la petita quantitat d'aire que conté fa que la llauna sigui <b>més densa</b> que l'aigua del recipient. Com ara és la llauna que pesa més que l'aigua, aquesta s'enfonsa i no sura. Per tant, la llauna i el seu contingut pesa la quantitat de volum d'aigua que ha augmentat en el recipient, que ha desplaçat en el moment de fer el forat la llauna. <b>Pes de la llauna + continguts = aigua desplaçada.</b></p>
Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la <b>força pes</b> i l'empenta.	<p>En un principi, quan la llauna es deixa caure, guanya la força que empeny la llauna cap al fons, però un moment després l'<b>empenta</b> que rep contraresta la força que exerceix la Terra sobre l'objecte. No guanya cap força, sinó que es contraresten quedant la llauna en equilibri. Això succeeix perquè l'aigua, al ser més densa que la llauna i el que conté, pot sostenir la llauna.</p>  <p style="text-align: center;">*Els valors són inventats</p>	<p>En aquest cas, com la llauna pesa més que l'aigua, l'empenta no pot contrarestar aquesta força que exerceix la Terra sobre l'objecte i per això s'enfonsa. És a dir, és més gran la força que fa l'objecte per submergir-se que l'empenta que fa l'aigua. (Més força que exerceix la Terra que empenta).</p>  <p style="text-align: center;">*Els valors són inventats</p>

Flot-D 4~  
Flot-F 2~



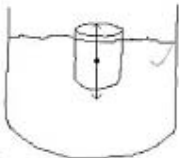
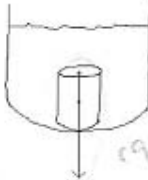


C13

	Objecte que sura	Objecte que està enfonsat
	Ex. Coca-cola light en aigua	Ex. Coca-cola normal en aigua
Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la densitat.	<p>He introduït una llauna de Coca-cola light en un recipient ple d'aigua i he observat que la llauna <b>sura</b>.</p> <p>La <b>Coca-cola light</b> conté una quantitat d'edulcorant anomenat aspartam que endolceix molt i pesa molt poc. Però, per què sura? <b>Sura</b> perquè la suma d'ingredients de la C. light, més la llauna i el poc aire atrapat que conté <b>és menys dens que el líquid del recipient (aigua)</b>. Podem observar que la llauna sura però que hi ha poc volum de llauna fora, així doncs, podem suposar que tant la llauna com l'aigua del recipient tenen <b>densitats similars</b>.</p>	<p>He fet el mateix amb una llauna de Coca-cola normal, però aquesta vegada he observat que <b>s'enfonsa</b>.</p> <p>La <b>Coca-cola normal</b> conté una quantitat molt gran de sucre i aquest sucre pesa molt més que l'edulcorant de la light. Però per què s'enfonsa? <b>S'enfonsa</b> perquè la suma d'ingredients de la C. normal, més la llauna i el poc aire atrapat que conté <b>és més dens que el líquid del recipient (l'aigua)</b>. Podem observar que la llauna s'enfonsa ràpidament, així doncs, podem suposar que la <b>densitat de la llauna és més gran que la densitat del líquid (aigua)</b>.</p>
Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la força pes i l'empenta.	<p>Quan he introduït la llauna light en l'aigua he notat com el fluid (l'aigua) empenyia la llauna cap amunt. Aquesta força s'anomena empenta. Com que la massa (el pes de la llauna) és inferior al de l'aigua, la llauna <b>sura</b> i puja amunt perquè l'<b>empenta</b> (pes en aigua del volum submergit) que pot fer l'aigua és més gran que el <b>pes</b> de la llauna.</p> 	<p>Quan he introduït la llauna normal en l'aigua no he sentit cap força, cap empenta, la llauna ha baixat i s'ha quedat en el fons del recipient. Com que la massa (el pes de la llauna) és més gran que el de l'aigua, la llauna <b>s'enfonsa</b> fins que toca el fons del recipient perquè l'<b>empenta</b> (pes en aigua del volum submergit) que pot fer l'aigua no és prou gran per compensar el <b>pes</b> de la llauna</p> 

Flot-D 4~  
Flot-F 2~

C14

<p>Sura en aigua Coca-Cola light</p> 	<p>S'enfonsa en aigua Coca-Cola normal</p> 
<p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la densitat.</p>	<p>La flotabilitat d'un objecte depèn de la seva densitat respecte de la del líquid on es pretén que se submergeixi. <i>0,15</i></p> <p>La Coca-Cola normal i la light es diferencien en que la primera conté sucre i la segona, edulcorants. El sucre és més dens que els edulcorants respecte de l'aigua. Així, la Coca-Cola normal s'enfonsa i l'altra no. Per tant, encara que el volum de les dues llaunes sigui el mateix, com que els seus components varien, el seu pes i, en conseqüència, la seva densitat, varien, així que la flotabilitat també és diferent.</p>
<p><i>0,75</i> Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la força pes i l'empenta.</p>	<p>En ambdós casos, les llaunes estan en equilibri, ja que estan quietes. Els objectes que hi intervenen són dos: l'aigua i les llaunes, i cadascun d'ells exerceix una força en contra de l'altre. <i>el centre de la Terra</i></p> <p>Pel que fa a la intensitat de les forces, la llauna de Coca-Cola light sura perquè el pes d'aquesta, és a dir, la seva massa, és igual a l'empenta que exerceix l'aigua cap a dalt i les forces es contraresten. En canvi, la normal s'enfonsa perquè el pes de la llauna, o més ben dit, la força d'atracció que exerceix la Terra sobre la Coca-Cola, és més gran que la força d'empenta de l'aigua.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Coca-Cola light</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Coca-Cola normal</p> </div> </div> <p><i>0,75</i> <i>equilibri?</i></p>

Flot-D 3~  
Flot-F 3~

C15

	Objecte que sura	Objecte que està enfonsat
	Ex. Coca-cola light en aigua	Ex. Coca-cola normal en aigua
<p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la <b>densitat</b>.</p>	<p>En aquest cas veiem que la llauna sura i deixa una petita part d'ella fora de l'aigua. La llauna té una densitat relativa (pes per unitat de volum) respecte l'aigua inferior i per això sura. La densitat de la llauna és aprox. un 5% menor que la de l'aigua, per això una petita part d'ella està fora de l'aigua. Llavors la seua massa és inferior, ja que el seu pes és igual al volum submergit fet d'aigua. Respecte a l'altra llauna, com que les dues tenen 330ml i tenen les mateixes dimensions podem afirmar que el volum, extern (forma de la llauna) i intern (quantitat de líquid), és el mateix. Per tant, la massa té que ser inferior, és a dir, pesa menys la mateixa quantitat. Si l'únic que varien són els ingredients, el que substitueix el sucre (edulcorant) pesa menys que el sucre al que substitueix (menys massa). Conclusió: té menys densitat al haver-hi menys massa per volum.</p>	<p>En aquest cas veiem que la llauna sura però no deixa cap part d'ella fora de l'aigua (tota la llauna submergida i la part superior està a ran del nivell de l'aigua). La llauna té una densitat relativa (pes per unitat de volum) respecte l'aigua igual i per això sura a ran del nivell d'aigua. La densitat de la llauna és un 100% igual que la de l'aigua, per això ni sobresurt la llauna ni s'enfonsa. Per tant la seua massa és igual al volum submergit fet d'aigua. Respecte a l'altra llauna, com que les dues llaunes tenen 330ml i tenen les mateixes dimensions podem afirmar que el volum, extern i intern, és el mateix. Per tant, la massa té que ser superior, és a dir, pesa més la mateixa quantitat. Si l'únic que varien són els ingredients, el sucre té un pes major que l'edulcorant (més massa). Conclusió: té més densitat al haver-hi més massa per volum respecte l'altra llauna i la mateixa densitat respecte a l'aigua que l'envolta. <i>per això s'enfonsa</i></p>
<p>Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la <b>força</b> pes i l'empenta.</p>	<p>La llauna està quieta, per tant està en equilibri. Les forces que interaccionen sobre la llauna són la Terra (gravetat) i l'aigua (empenta) i aquestes són d'igual intensitat. L'aigua empeny cap amunt i el centre de la Terra estira cap a baix. L'empenta és directament proporcional al volum submergit, per tant, com una part de la llauna està fora, pesa menys i l'empenta també és menor, quedant l'objecte en equilibri. Conclusió: el pes (prenent el pes com la força que la Terra fa sobre la llauna) s'equilibra amb l'empenta de l'aigua, és 0.</p>	<p>La llauna està quieta, per tant està en equilibri. Les forces que interaccionen sobre la llauna són la Terra (gravetat) i l'aigua (empenta) i aquestes són d'igual intensitat. L'aigua empeny cap amunt i el centre de la Terra estira cap a baix. L'empenta és directament proporcional al volum submergit, per tant, com la llauna té tot el seu volum dins l'aigua, pesa més i l'empenta és major, quedant l'objecte en equilibri. Conclusió: el pes (prenent el pes com la força que la Terra fa sobre la llauna) s'equilibra amb l'empenta de l'aigua, és 0.</p>

Flot-D 4~  
Flot-F 4~

*més que l'altra cola*



B21

	Objecte que sura	Objecte que està enfonsat
	Ex. Coca-cola light en aigua	Ex. Coca-cola normal en aigua
<p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la <b>densitat</b>.</p> <p>40,5</p> <p>1</p>	<p>Veiem que la Coca-cola light sura a l'aigua. Però gairebé tota la llauna està submergida. Sabem que la flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid i de l'objecte i que si l'objecte té menys densitat que el líquid on és submergit, l'objecte sura. Per altra banda també sabem que contra més gran sigui la densitat de l'objecte respecte a la del líquid on se submergeix l'objecte, hi haurà més volum de l'objecte fora del líquid. És a dir, menys volum sense submergir. Però en aquest cas veiem que gairebé tota la llauna està submergida, per tant podem deduir que la densitat de l'aigua i de la Coca-cola light és molt similar. Ara bé, la de la llauna de Coca-cola light ha de ser una mica inferior, per això tot i estar gairebé completament submergida, no s'enfonsa, sinó que flota.</p>	<p>Veiem que la Coca-cola normal s'enfonsa. Sabem que si un objecte té més densitat que el líquid on és enfonsat, en aquest cas aigua, l'objecte s'enfonsa i per tant no pot surar. Així doncs, sota aquesta premissa, podem deduir que la Coca-cola normal té una densitat major a la de l'aigua i per aquest motiu s'enfonsa. La coca-cola normal té uns sucres afegits que a la Coca-cola light no li afegeixen, i aquests sucres deuen ser els que fan que la llauna de Coca-cola normal tingui més densitat que l'aigua i per tant no pugui flotar.</p>
<p>Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la <b>força pes</b> i l'empenta.</p> <p>1</p> <p>0,5</p>	<p>Les forces que intervenen són el pes o força de la gravetat i l'empenta de l'aigua cap a munt. Sabem que l'empenta és equivalent al pes del volum submergit. Per altra banda podem afirmar que en aquest cas les forces es troben en equilibri per tant la llauna flota i es manté estable (no tomba). Sabem que la força d'empenta i la força de la gravetat o pes s'equiparen, per tant contra més pes més empenta. En aquest cas hi ha molt volum de llauna submergit, així que sabem que l'empenta és més forta que si n'hi hagués menys. Sempre que una no superi a l'altra, les forces es compensen, una fa força cap a baix i l'altre cap a dalt i la força resultant és <math>0 = \text{equilibri}</math></p>	<p>Les forces que intervenen són el pes o força de la gravetat i l'empenta de l'aigua cap a munt. Sabem que contra més submergit estigui un objecte en aquest cas en l'aigua, més força d'empenta hi haurà. Però veiem que la llauna de Coca-Cola, no pot ser empesa cap a dalt, això es degut a que la forà de la gravetat o pes és tan alta que l'empenta no pot vèncer-la, per tant no hi ha equilibri. Per això la Coca-Cola s'enfonsa.</p> <p>equilibri</p>

Flot-D 4~  
Flot-F 4~

B22

	Objecte que sura Ex. Coca-cola light en aigua	Objecte que està enfonsat Ex. Coca-cola normal en aigua
<p>1</p> <p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la <b>densitat</b>.</p> <p><i>Falta comparar ve i altra</i></p>	<p>Un cop fet l'experiment, ens adonem que la part de dalt d'aquest tipus de coca-cola no queda enfonsada, i podem afirmar, que la coca-cola light sura a l'aigua. Per a poder descriure aquest fet, hem de parlar d'una propietat: la <b>densitat</b>, ja que sabem que <u>la flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid</u> (en aquest cas l'aigua) <u>i de l'objecte</u> (la coca-cola light): si l'objecte és més dens que l'aigua, l'objecte s'enfonsarà. Si l'objecte és menys dens que l'aigua, flotarà, que és el que passa en aquesta situació. Tot i això, podem afirmar que la densitat d'aquest tipus de coca-cola és només una mica inferior que la de l'aigua, ja que només sobresurt de l'aigua la part de dalt de l'objecte. Si la densitat de la coca-cola fos molt inferior a la de l'aigua, hi hauria una part de l'objecte que es veuria més. Reafirmem, doncs, que <b>la coca-cola light té una densitat un pèl menor que la de l'aigua</b>.</p>	<p>Contràriament al cas anterior, a l'hora de fer l'experiment hem pogut observar que la coca-cola normal s'enfonsa si la posem en aigua.</p> <p>Igual que hem fet amb l'altre tipus de coca-cola, hem de parlar d'una propietat, la densitat, ja que amb el que ens ha succeït, podem afirmar que <b>la coca-cola normal té una densitat superior a la de l'aigua i per això s'enfonsa</b>. Això és degut a que aquest tipus de coca-cola té uns sucres afegits (que no els té la coca-cola light) i, per tant, té una massa superior en el mateix volum, que fan augmentar la densitat de l'objecte, fent que aquesta densitat sigui superior a la de l'aigua (i a la de la coca-cola light) i per això s'enfonsa.</p>
<p>1</p> <p>Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la <b>força pes</b> i l'empenta.</p> <p>1</p>	<p>Intervenien dues forces: per una banda, el <b>pes o força de gravetat</b>, que fa caure l'objecte cap a baix. Per altra banda, la força d'<b>empenta</b> que fa l'aigua sobre l'objecte cap a dalt. En aquest cas, ambdues forces es troben en <u>equilibri</u> quan el cos està estable i sura. Per tant, degut a aquest equilibri entre aquestes dues forces que són oposades i es contraresten, podem afirmar que la força resultant és 0 i per això el cos està quiet. Hem de tenir en compte, però, que la força d'Arquímedes (l'empenta) és major com més volum de l'objecte està submergit. En aquest cas, el pes de l'aigua que desplaça l'objecte és igual al pes de la llauna.</p>	<p>En aquest cas hi intervenen les mateixes forces: força de <b>pes</b> o <b>força de la gravetat</b>, que fa caure l'objecte cap a baix, i la força d'<b>empenta</b> de l'aigua sobre l'objecte cap a dalt. En aquest cas, com que hi ha més volum submergit la força d'empenta serà major que en l'altre tipus de coca-cola, perquè el volum d'aigua desplaçada serà superior. Tot i això, <u>el pes de la llauna és superior a la força d'Arquímedes i per això el cos s'enfonsa fins el fons del dipòsit</u>.</p> <p><i>Falta parlar de la normal</i></p>

Flot-D 4~  
Flot-F 4~

B23

	Objecte que sura	Objecte que està enfonsat
	Ex. Coca-cola light en aigua	Ex. Coca-cola normal en aigua
<p>35</p> <p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la <b>densitat</b>.</p>	<p>Veiem que la Coca-cola light flota a l'aigua. Però, és cert, que només queda fora de l'aigua la punta de dalt de la Coca-cola i la resta queda submergit. Per poder fer-ne la interpretació, hem d'entendre que la flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid i l'objecte. També sabem, que si l'objecte té menys densitat que el líquid, sura, i això és el que passa en aquest cas. També sabem que hi haurà més volum de l'objecte fora de l'aigua com més gran sigui la densitat del líquid respecte l'objecte. En aquest cas, doncs, sabem que les densitats de l'aigua i de la Coca-cola són molt similars, ja que només queda a la superfície la part més superior de la Coca-cola, per tant, la densitat de l'aigua és només una mica superior al de la coca-cola.</p>	<p>Veiem que la Coca-cola normal s'enfonsa. Per fer la interpretació, hem d'entendre que si un objecte té més densitat que el líquid (aigua), s'enfonsa. I que l'objecte s'enfonsarà més ràpid, com més gran sigui la densitat de l'objecte respecte a la del líquid. Per tant, ara ja podem saber, que la Coca-cola normal, s'enfonsa, perquè té una densitat superior a l'aigua. La Coca-cola normal té uns sucres afegits que la fan ser més densa que l'aigua i també més densa que la Coca-cola light, que no conté aquests sucres. Per això, la Coca-cola light sura a l'aigua i la Coca-cola normal s'enfonsa.</p> <p><i>Falta</i></p>
<p>Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la <b>força pes</b> i l'empenta.</p>	<p>Les forces que hi intervenen són el pes (força gravetat sobre l'objecte) i la força d'empenta que fa l'aigua cap amunt, que correspon al volum d'aigua desplaçat. En aquest cas, les forces es troben en equilibri, per això hi pot haver aquesta estabilitat. Com que la Coca-cola light està molt enfonsada, l'empenta que fa l'aigua ha de ser més gran que si la Coca-cola tingués menys volum submergit. Com que està en equilibri, les dues forces (pes i empenta) són iguals en intensitat. I Com que tenen una direcció oposada, es compensen, i per tant la força resultant és 0.</p>	<p>Les forces que hi intervenen són el pes (força gravetat) i la força d'empenta cap amunt. Com més submergit estigui l'objecte més força d'empenta hi haurà. Per tant, la força d'empenta és proporcional a la del pes del volum submergit, però com que la força de pes és tan alta, es trenca l'equilibri entre forces provocant que la força de pes venci a la d'empenta i la Coca-cola s'enfonsi.</p> <p><i>Falta parlar de la força "normal" i com per a la circumstància de la</i></p>

Flot-D 4~  
Flot-F 4~



B24

	Objecte que sura <b>Ex. Coca-cola light en aigua</b>	Objecte que està enfonsat <b>Ex. Coca-cola normal en aigua</b>
<p>Interpretació amb un model descriptiu en termes de propietats, com ara la <b>densitat</b>.</p> <p><i>No cal!</i></p>	<p>Veiem que la llauna no s'enfonsa del tot, sinó que queda flotant. Més de la meitat de la llauna queda submergida, però hi ha una part que no. Per poder explicar aquest fenomen hem de fer referència al concepte de densitat, ja que com bé sabem, la flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid i de l'objecte. Si fem memòria, en un experiment que vam realitzar en les primeres classes d'aquesta assignatura, vam dipositar aigua en una ampolla, i després li vam ficar oli. Aquí vam demostrar que l'oli es quedava a la part de dalt, sense barrejar-se amb l'aigua perquè aquest líquid és molt menys dens que l'aigua. Doncs és el mateix que passa en aquest cas, però en comptes de parlar de dos líquids estem parlant d'un sòlid com una llauna de Coca-Cola light i d'un líquid, com és l'aigua. Per tant, podem dir que si l'objecte té menys densitat que el líquid en el qual es vol enfonsar, aquest objecte surarà. És el que passa en aquest cas. Hem dit que hi ha una part de la llauna que no se submergeix, i això és degut al fet que la densitat d'aquesta llauna i la de l'aigua són gairebé igual, sent la de l'aigua una mica més alta.</p>	<p>En aquest cas la llauna de Coca-Cola normal s'enfonsa del tot. Per tant, podem dir que, respecte a l'explicació que hem fet anteriorment sobre la densitat, aquesta llauna és més densa que l'aigua. I a part, que l'objecte s'enfonsarà més ràpidament, com més gran sigui la densitat d'aquest respecte l'aigua.</p> <p>Buscant informació hem llegit que la Coca-Cola normal conté sucre, el que fa que sigui més densa, mentre que la Coca-Cola light no conté els mateixos sucres, si no que està composta per aspartamo, que no la fa igual de densa que la normal. És per això, que la llauna de Coca-Cola light sura, mentre que la Coca-Cola normal s'enfonsa.</p>
<p>Interpretació amb el model explicatiu en termes d'interaccions mecàniques, com ara la <b>força pes</b> i l'empenta.</p> <p><i>0,75</i></p>	<p>Parlant de forces, en aquest cas hi actuen dues: la força de la gravetat (pes) i l'empenta de l'aigua. La llauna queda en equilibri, el que significa que les dues forces estan equilibrades, tenint un valor de 0 en la força resultant, perquè tenen direccions oposades.</p>	<p>Actuen les mateixes forces: empenta i força de la gravetat (pes). Com sabem, l'empenta de l'aigua és major com més volum submergit hi hagi, per això diem que el valor de l'empenta és proporcional al pes en aigua del volum submergit. Per tant, quan un objecte queda submergit del tot és quan s'aconsegueix l'empenta màxima. Ara bé, en aquest cas, la força del pes és molt fort i acaba trencant l'equilibri de forces i vençant la força d'empenta.</p>

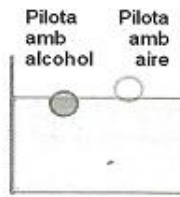
Flot-D 4~  
Flot-F 4~

Tasca Flot 11 G1 i G2

C11

3. Model sistemes físics (2,5p)

Després d'haver treballat les idees de flotabilitat a classe, proposes una tasca als alumnes per veure si saben aplicar les idees del model en un nou fenomen. Per això, proposes posar dues pilotes de plàstic, una plena d'aire i l'altra plena d'alcohol, dins un recipient amb aigua. Quan ho feu, observeu que la pilota plena d'aire sura molt, quasi tota la pilota fora, mentre que la pilota amb alcohol sura poc, quasi tota dins l'aigua.



Dos alumnes fan explicacions del fenomen en termes de densitat i de forces. Al costat de cada idea digues si és correcte (C), parcialment correcte (PC) o errònia (E) (0,5p), i explica com milloraries les explicacions de l'alumne 1 (1p) i l'alumne 2 (1p).

Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	PC	La pilota que sura és perquè la suma dels seus components és més lleuger que el líquid (aigua) en què s'ha submergit. La pilota que sura menys és perquè la suma dels seus components és lleugerament més pesant que el líquid (aigua) en què s'ha submergit.
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.	PC	Les forces són la que fa el centre de la Terra estirant les pilotes cap avall i la que fa l'aigua empenyent les pilotes cap amunt.
L'empenta és igual al pes de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	PC	L'empenta és diferent en els dos casos perquè el pes és diferent. Com més pes, més empenta rep l'objecte. Encara que les forces es contrarresten, les fibres de la d'alcohol han de ser més llargues que les de la pilota d'aire.
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC	L'explicació és correcta però estaria parlar de la intensitat i direcció de les forces que estan interaccionant. Caldria dir que l'aigua pot suportar el pes d'ambdues, ja que es troben en equilibri i floten, així que cap força guanya (dibuix).

Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC C	
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.	C	
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.	E	En els dos objectes es troben surant en equilibri, per tant no hi pot haver una força guanyant perquè sinó s'estarien movent (la d'alcohol s'estaria enfonsant i la d'aire estaria sortint després per l'aire.) Les forces es contrarresten perquè reben l'empenta equivalent al pes en volum d'aigua de la part submergida.

Flot-D 4~

Flot Sub b.4.~

Flot-F 4~

Flot Sub c.2.~

< expands > 7:10~

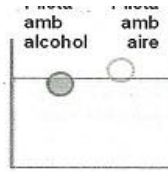
7:9~ < expands >



C12

5. MODEL SISTEMES FÍSICS (2,5P)

Després d'haver treballat les idees de flotabilitat a classe, proposes una tasca als alumnes per veure si saben aplicar les idees del model en un nou fenomen. Per això, proposes posar dues pilotes de plàstic, una plena d'aire i l'altra plena d'alcohol, dins un recipient amb aigua. Quan ho feu, observeu que la pilota plena d'aire sura molt, quasi tota la pilota fora, mentre que la pilota amb alcohol sura poc, quasi tota dins l'aigua.



Dos alumnes fan explicacions del fenomen en termes de densitat i de forces. Al costat de cada idea digues si és correcta (C), parcialment correcta (PC) o errònia (E) (0,5p), i explica com milloraries les explicacions de l'alumne 1 (1p) i l'alumne 2 (1p).

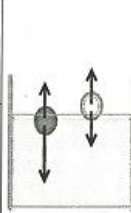
Alumne 1	Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	PC En la pilota que sura, l'aigua és més densa que l'aire i per això sura per el fetat tan gran la pilota amb alcohol té més densitat que la de aire per una mica menys que l'aigua. Per això hi ha una part submergida. Si l'alcohol tingués + densitat que l'aigua s'enfonsaria.
FORCES: Les forces que hi ha son la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.	E de força que fan les pilotes son la força de la gravetat que exerceix la Terra sobre l'objecte, que no deixa de ser el pes de l'objecte, la força de l'aigua és aquesta empenta que exerceix la mateixa força que up de l'objecte puo en direcció oposada tot i que tan en totes direccions, puo el resultat és cap amunt.
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	E L'empenta no és igual en els dos casos, sino estarien totes dues o surant senceres o parcialment enfonsades com la d'alcohol. L'empenta és igual al pes del volum de la part submergida de l'objecte feta de líquid, en aquest cas, aigua. Per això és menor en el cas de la que sura completament perquè la part submergida és menor des flotes haurien de ser iguals.
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC Si que pesa més, puo que la d'aire puo. Jaltos dir que és perquè l'alcohol té més densitat que l'aire.

Alumne 2	Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC és correcte que la que té alcohol és més densa però cal dir que l'aigua és més densa que l'aire i l'alcohol ja que si no s'enfonsarien totes dues.
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.	PC Cal afegir que aquesta empenta de l'aigua és aquesta força oposada en l'objecte que és en totes direccions, puo que acaba resultant en direcció cap amunt.
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.	E No guanya cap empenta. En totes dues les forces s'equilibren, ja que si guanyés l'empenta seguiria pujant i si pesés guanyés el pes transmaria el recipient. des flotes haurien de ser iguals de tant que en ambdues pilotes i totes, ja que la força resultant és 0, quedant en equilibri.

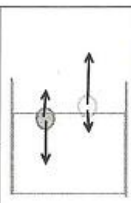
- < continued by > 8:9
- Flot Sub b.4.~
- Flot Sub c.4.~
- < continued by > 8:10
- Flot-F 4~
- < continued by > 8:11
- Flot-D 4~
- 8:5 < continued by >
- 8:7 < continued by >
- 8:8 < continued by >

C13

Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	PC ✓	La pilota amb aire sura perquè la densitat és inferior a la del fluid (aigua). En canvi la pilota amb alcohol sura poc, ja que la seva densitat és superior a la del fluid (aigua) del recipient. <span style="float: right;">0,15</span>
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.	E ✓	Les forces que hi ha són l'empenta (que puja cap amunt) i la gravetat (estirada que fa la tenen cap avall). <span style="float: right;">0,25</span>
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	E ✓	L'empenta que fa l'aigua a les pilotes és la mateixa força que rep, però en direcció contrària. L'empenta és proporcional a la força que rep (empeny el mateix). <span style="float: right;">0,1</span>
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC ✓	La massa de la pilota amb alcohol és superior a la massa de la pilota amb aire. Per tant, el pes de la pilota amb alcohol és superior que la pilota amb aire. <span style="float: right;">0,25</span>



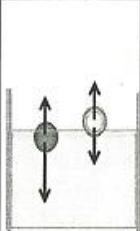
Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC ✓	La pilota amb alcohol sura poc perquè la seva densitat és superior a la del fluid (aigua). En canvi, la pilota amb aire sura molt perquè la densitat és inferior a la del fluid. <span style="float: right;">0,15</span>
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.	PC X	En els dos casos hi ha la gravetat (la força estirada de la tenen cap avall); l'empenta de l'aigua cap a dalt. <i>no comede</i>
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.	E ✓	La pilota amb aire sura molt perquè la massa de l'aire no és prou gran com per superar l'empenta. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa perquè la massa guanya a l'empenta. (volum del objecte submergit) <span style="float: right;">0,1</span>



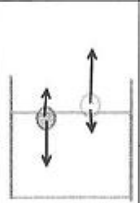
- Flot-D 3~
- Flot Sub a.3.~
- < continued by > 9:9
- Flot Sub b.4.~
- Flot Sub c.2.~
- Flot Sub b.4.~
- < continued by > 9:10
- 9:5 < continued by >
- Flot Sub b.4.~
- 9:8 < continued by >
- Flot-F 2~

C14

Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	PC	La densitat dels gasos és menor que la dels líquids, així que la pilota amb aire s'enfonsa menys que la plena d'alcohol. 0,1
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.	PC	Les forces són la que fa l'aigua (empenta) i la força d'atracció de la Terra o gravetat, que equival al pes de l'alcohol i de l'aigua. 0,25
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	E	L'empenta és igual al volum submergit de l'objecte si aquest estigués fet d'aigua. 0,2
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC	Com que la pilota amb alcohol té més massa que la plena d'aire, la Terra hi exerceix més força d'atracció sobre la primera. 0,1



Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC	Respecte de la densitat de l'aigua, la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire i per això s'enfonsa més. 0,1
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.	C	L'explicació és correcta ✓
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.	PC	La pilota amb aire té menys massa, així que la força d'atracció de la Terra és menor que en el cas de la pilota amb alcohol. L'empenta és major que l'atracció en la pilota amb aire i per això sura. Amb la pilota amb alcohol s'exerceix justament el contrari. 0



Flot-D 2~  
Flot Sub a.3.~  
< continued by> 10:9

Flot Sub b.4.~  
Flot Sub c.3.~

Flot Sub b.4.~

10:6 < continued by>

Flot Sub b.4.~

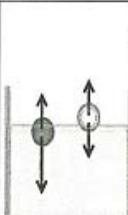
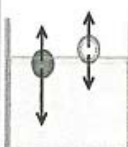
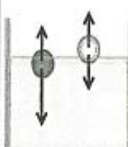
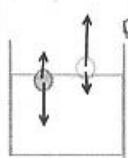
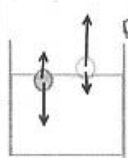
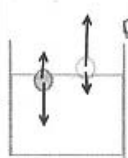
Flot-F 2~







B21

Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	<p>PC</p> <p>E</p> 	<p>0,15</p> <p>La pilota que sura és perquè el que té dins, que té una massa i per tant un pes inferior a la del líquid on es submergeix. En canvi l'alcohol té un pes inferior a la del líquid a la de l'aigua, per això sura.</p>
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.	<p>PC</p> 	<p>0,25</p> <p>Les forces que interactuen són la empenta que fa l'aigua cap a dalt i el pes o estirada de la terra cap a baix (estirada de l'objecte cap a baix) → dens que l'aigua → s'agossa; dens que l'air.</p>
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	<p>E</p> 	<p>0,2</p> <p>L'empenta és igual al pes del volum submergit o dit d'una altra manera, al pes del volum d'aigua desplaçada. Per tant no és igual en tots dos casos. És major en la pilota amb alcohol.</p>
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	<p>PC</p>	<p>0,1</p> <p>Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, perquè l'alcohol és més dens que l'aigua i per això s'agossa més i l'aire és més dens que l'aigua per això pesa s'agossa més. La resposta es correcta però incompleta.</p>
Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	<p>PC</p> 	<p>0,15</p> <p>La pilota amb alcohol és més densa que el líquid on es submergeix, la pilota amb aire és més menys densa que l'aigua. * Faltava la relació amb la densitat del líquid</p>
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.	<p>PC</p> 	<p>0,25</p> <p>Es comente però si que és cert que salta a dir que en tots dos casos hi ha equilibri i les forces es contrasten.</p>
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.	<p>E</p> 	<p>0,2</p> <p>Totes dues pilotes estan en equilibri, les forces es contrasten i la força resultant és zero. En el cas de la pilota amb alcohol la empenta és major ja que hi ha més volum submergit (tan gruta com el pes del volum submergit) però en tots dos casos hi ha equilibri.</p>

- <expands> 3:10
- Flot Sub b.4.~
- Flot Sub c.4.~
- <continued by> 3:10
- Flot-D 3~
- 3:6~ <expands>
- 3:9 <continued by>
- Flot-F 4~

B22

Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	PC	<p>✓ La pilota que sura és perquè té un gas a dins, però aquest gas és <u>menys dens que l'aigua i per això sura.</u></p> <p>✓ La pilota que té líquid a dins, s'enfonsa més que la de l'aire, perquè el líquid és més dens que l'aire, però aquest líquid (alcohol) és <u>menys dens que l'aigua i per això no s'enfonsa més.</u></p>
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire. x	PC	<p>✓ Les forces són les que fa l'aigua cap a dalt, anomenada <u>força d'empenta</u>, però <del>el</del> força és la que fa el centre de la Terra, la força de la gravetat (pes) ✓</p>
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	E	<p>✓ L'empenta és igual al volum d'aigua submergida, per tant, en el cas de la pilota d'alcohol, la <u>força d'empenta és major</u>, ja que hi ha més volum submergida ✓</p>
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	C	✓

Flot Sub a.3.~

Flot Sub b.4.~

Flot Sub c.3.~

Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC	<p>✓ És certa l'afirmació que fa, però també s'ha de tenir en compte, que estan posats en un recipient amb el mateix líquid. Per tant, <u>flotava</u> air que s'enfonsa més perquè té una densitat major, més limitada a la de l'aigua i per això s'enfonsa més. L'aire té menys densitat que l'aigua i ✓</p>
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.	C	✓
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.	E	<p>✓ Ambdues pilotes es troben en <u>equilibri</u>, per tant, cap força guanya a l'altre. Ambdues forces que són <u>oposades són iguals</u> i, per tant, <u>el resultat és 0</u>.</p> <p>Una sura més que l'altre, perquè en termes de forces, la força de la Terra cap a baix de la pilota d'alcohol, és més gran que la força que fa la Terra amb l'altre pilota. Però com la força d'empenta és igual a la força de la Terra en ambdós casos, existeix equilibri i ambdues suren.</p>

Flot-D 4~

Flot-F 4~

B23

Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.	PC	L'aire és molt menys dens que l'aigua, mentre que l'alcohol és només una mica menys dens que l'aigua. El pes de la pilota amb aire, és igual al pes d'un volum submergit fet d'aigua, el mateix pes de la pilota amb alcohol, per tant el pes de la pilota amb alcohol és superior a la pilota amb aire. <i>explicació a l'altre costat</i>
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.	PC	Les forces són les que fa l'aigua a les pilotes d'empenta. I la que fa la terra per atraure el cos (força de la gravetat), però de rebuete. <i>0,25</i>
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.	E	L'empenta és igual al pes del volum del cos submergit fet d'aigua (l'aigua desplaçada per cada cel). Per tant, l'empenta serà superior en el cas de la pilota amb alcohol, ja que el volum submergit (l'aigua que es desplaça) també és superior. <i>0,2</i>
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	PC	El pes de la pilota amb alcohol és igual al pes del volum submergit fet d'aigua. El pes de la pilota amb aire és igual al pes del volum submergit fet d'aigua. Per tant, sí, el pes de la pilota amb alcohol és superior al pes de la pilota amb aire. Per això, la força de l'empenta és superior en el cas de la pilota amb alcohol, ja que en els dos casos la força de pes i la de l'empenta es contraresten.

Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.	C	La densitat de l'aigua és superior a la de l'alcohol i per això les pilotes són més pesants que si estiguessin fetes d'aigua. Però la pilota amb aire pesa una mica menys i per tant, s'enfonsa menys. La pilota amb alcohol pesa una mica més i s'enfonsa més. <i>0,2</i>
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.	C	Les forces implicades són la força de la gravetat, que actua el cos cap a la terra i la força de l'empenta que s'exerceix cap a dalt per empenyer la pilota tant l'empenta en totes direccions, però només netem la que és cap amunt. Ambdues forces es contraresten i el cos està en equilibri (no hi ha canvis de moviment).
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.	E	En els dos casos les forces són equilibrades, els cosos es mouen en equilibri i per tant, la força resultant és 0. El que passa és que la densitat d'un cos submergit al líquid és inferior que mentre la pilota d'alcohol és més densa que la d'aire, té una massa superior i el mateix volum. Per tant, el pes de la pilota d'aire equilibra a la del pes del volum submergit fet d'aigua. El pes de la pilota amb alcohol equilibra el pes del volum submergit fet d'aigua. Així veiem que el pes de la pilota amb alcohol és superior que la d'aire, per tant l'empenta també serà superior amb la pilota d'alcohol que amb la de l'aire. L'empenta contraresta el pes del volum d'aigua desplaçat.

Pilota d'alcohol (+ Pes + empenta)  
 Pilota d'aire (- pes - empenta)  
 Forces equilibrades

continued by 5:10

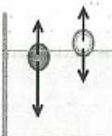
Flot-F 4- Flot Sub c.4-

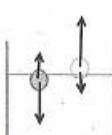
Flot Sub b.4-  
 Flot Sub c.4-

Flot-D 4-  
 5:6 <continued by>  
 5:12 <continued by>



B24

Alumne 1		Millora de l'explicació
DENSITAT: La pilota que sura és perquè té un gas a dins, mentre que la que s'enfonsa més és perquè té un líquid a dins.		No és pel fet que sigui un gas o un líquid, sinó que la pilota sura perquè la seva densitat és menor a la del fluid, l'aigua. I l'alcohol s'enfonsa perquè la seva densitat és major a la del fluid, a la de l'aigua. <span style="float: right;">0,15</span>
FORCES: Les forces que hi ha són la que fa l'aigua i la que fa l'alcohol o aire.		una força és la que fa l'aigua, anomenada empenta, i l'altra és la força del pes del volum en aigua de l'objecte submergit. <span style="float: right;">0,15</span>
L'empenta és igual al volum de la pilota feta d'aigua, per tant, és igual en els dos casos.		L'empenta és proporcional al volum en aigua del objecte submergit. Per tant, com més volum d'objecte submergit hi ha, més força d'empenta hi haurà. En el cas de la pilota amb alcohol és més gran la força d'empenta que en el cas de la pilota d'aigua. <span style="float: right;">0,2</span>
Pesa més la pilota amb alcohol que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.		<span style="float: right;">0,2</span> e, perquè més volum d'objecte submergit

Alumne 2		Millora de l'explicació
DENSITAT: la pilota amb alcohol és més densa que la pilota amb aire, per això s'enfonsa més.		la pilota amb alcohol és més densa que l'aigua per això s'enfonsa. Si sura, com en el cas de la pilota amb aire, és perquè aquesta és menys densa que l'aigua. Com més densitat de l'objecte respecte al fluid, més s'enfonsarà. I així, si la densitat de l'alcohol és superior a l'aigua, s'enfonsarà més. <span style="float: right;">0,15</span>
FORCES: En els dos casos hi ha el pes (la força de Terra cap a baix) i l'empenta de l'aigua cap a dalt.		<span style="float: right;">0,15</span>
Ara bé, la pilota amb aire sura molt perquè l'empenta guanya al pes. En canvi, la pilota amb alcohol s'enfonsa més perquè el pes guanya a l'empenta.		No és que l'empenta guanyi al pes, perquè com hem dit la força d'empenta és proporcional al pes en aigua del volum submergit. Per tant, l'alumne hauria de dir que no es necessita tanta força d'empenta en el cas de la pilota amb aire perquè pot suportar el pes, mentre que en el cas de la pilota amb alcohol la força d'empenta és major perquè hi ha més volum submergit, i ha de fer més força per aguantar aquest pes. <span style="float: right;">0,5</span>

Flot-D 3~  
< continued by > 6:8

< continued by > 6:9

6:6 < continued by >

Flot Sub b.4.~  
6:7~ < continued by >

Flot-F 4~  
Flot Sub c.4.~

## Annex 9: Documents audiovisuals analitzats a l'Estudi 2

Documents audiovisuals analitzats als apartats 5.2. (modelització) i 5.3. (models)

FASE	MOMENT	Nom del vídeo	Enllaç
---	M2 (macro)	Tasca canvi 3 (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=LYanO5vh-KQ&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=LYanO5vh-KQ&amp;feature=youtu.be</a>
		Tasca canvi 3 (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=u9euEW-XUL0&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=u9euEW-XUL0&amp;feature=youtu.be</a>
F2	M1 (micro)	<b>Tasca canvi 6</b> (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=w1yUaLbII04&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=w1yUaLbII04&amp;feature=youtu.be</a>
		<b>Tasca canvi 6</b> (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HZhqU7EwoEA">https://www.youtube.com/watch?v=HZhqU7EwoEA</a>
F2 + F3	M3	Tasca canvi 7 + 8 (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Yi6qyDODdJg">https://www.youtube.com/watch?v=Yi6qyDODdJg</a>
		Tasca canvi 7 + 8 (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=fE6nkYxi1FY">https://www.youtube.com/watch?v=fE6nkYxi1FY</a>
F4		Tasca canvi 9 (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=a9ixLYn_p90">https://www.youtube.com/watch?v=a9ixLYn_p90</a>
		Tasca canvi 9 (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Ysn0w7i6lus">https://www.youtube.com/watch?v=Ysn0w7i6lus</a>
F2	M1	<b>Tasca Flot 2</b> (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=e925nRCT9-l">https://www.youtube.com/watch?v=e925nRCT9-l</a>
		<b>Tasca Flot 2</b> (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=O9qN5YMQAzA&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=O9qN5YMQAzA&amp;feature=youtu.be</a>
F3	M2	<b>Tasca Flot 4</b> (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=IF7uBaQxU9g">https://www.youtube.com/watch?v=IF7uBaQxU9g</a>
		<b>Tasca Flot 4</b> (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=AiyKW1JsYeY">https://www.youtube.com/watch?v=AiyKW1JsYeY</a>
F4	M3 (forces)	<b>Tasca Flot 5</b> (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=9cPcUghh3h4">https://www.youtube.com/watch?v=9cPcUghh3h4</a>
		<b>Tasca Flot 5</b> (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ZGLrj5X9udc">https://www.youtube.com/watch?v=ZGLrj5X9udc</a>
F5	---	Tasca Flot 6 (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=kq3qzqsR5U0">https://www.youtube.com/watch?v=kq3qzqsR5U0</a>
		Tasca Flot 6 (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=SthAQuTYDOc&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=SthAQuTYDOc&amp;feature=youtu.be</a>
---	M3 (densitat)	<b>Tasca Flot 8</b> (G1)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=MvuFcFVs6Vw&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=MvuFcFVs6Vw&amp;feature=youtu.be</a>
		<b>Tasca Flot 8</b> (G2)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3YsHyZVkvJc">https://www.youtube.com/watch?v=3YsHyZVkvJc</a>

Documents audiovisuals analitzats a l'apartat 5.4. (mecanismes)

Episodi	Nom del vídeo	Temps	Enllaç
<b>EP1</b>	Tasca canvi 8 (G1)	38:47-40:27	<a href="https://youtu.be/xZbmJeS_mmE?t=2327">https://youtu.be/xZbmJeS_mmE?t=2327</a>
<b>EP 2a</b>	Tasca canvi 8 (G1)	17:57-25:45	<a href="https://youtu.be/xZbmJeS_mmE?t=1077">https://youtu.be/xZbmJeS_mmE?t=1077</a>
<b>EP 2b</b>	Tasca Canvi 6 (G2)	00:00-02:14	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HZhqU7EwoEA&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=HZhqU7EwoEA&amp;feature=youtu.be</a>
<b>EP 2c</b>	Tasca Flotabilitat 5 (G2)	02:20-09:00	<a href="https://youtu.be/ZGLrj5X9udc?t=140">https://youtu.be/ZGLrj5X9udc?t=140</a>
<b>EP 3a</b>	Tasca Canvi 6 (G2)	07:47-09:25	<a href="https://youtu.be/HZhqU7EwoEA?t=467">https://youtu.be/HZhqU7EwoEA?t=467</a>
<b>EP 3b</b>	Tasca Flotabilitat 2 (G1)	04:55-08:05	<a href="https://youtu.be/e925nRCT9-l?t=295">https://youtu.be/e925nRCT9-l?t=295</a>
<b>EP 4a</b>	Tasca Flotabilitat 4 (G1)	05:15-09:38	<a href="https://youtu.be/IF7uBaQxU9g?t=315">https://youtu.be/IF7uBaQxU9g?t=315</a>
<b>EP 4b</b>	Tasca Flotabilitat 4 (G2)	03:35-05:52	<a href="https://youtu.be/AiyKW1JsYeY?t=215">https://youtu.be/AiyKW1JsYeY?t=215</a>
<b>EP 5</b>	Tasca Flotabilitat 8 (G2)	12:04-16:36	<a href="https://youtu.be/3YsHyZVkvJc?t=724">https://youtu.be/3YsHyZVkvJc?t=724</a>
<b>EP 6</b>	Tasca Flotabilitat 4 (G1)	18:19-21:49	<a href="https://youtu.be/IF7uBaQxU9g?t=1099">https://youtu.be/IF7uBaQxU9g?t=1099</a>
<b>EP 7a</b>	Tasca Flotabilitat 4 (G1)	09:34-11:06	<a href="https://youtu.be/IF7uBaQxU9g?t=574">https://youtu.be/IF7uBaQxU9g?t=574</a>
<b>EP 7b</b>	Tasca Flotabilitat 2 (G1)	08:53-10:22	<a href="https://youtu.be/e925nRCT9-l?t=533">https://youtu.be/e925nRCT9-l?t=533</a>