



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

Proposta i anàlisi d'una formació inicial de mestres de primària innovadora en ciències

Una progressió d'aprenentatge per construir el model de flotació

Garrido Espeja, Anna

Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Departament de didàctica de la matemàtica i les ciències experimentals

Edifici G5

08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

Espanya

agarridoespeja@gmail.com

Couso Lagarón, Digna

Centre de Recerca en Educació Científica i Matemàtica (CRECIM), Facultat de Ciències de l'Educació, UAB.

Edifici GL, 304

08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

Espanya

Digna.Couso@uab.cat

- 1. RESUM:** Les pràctiques científiques estan guanyant impuls com aproximació d'ensenyament de les ciències. Incorporar-les en la formació universitària dels mestres és essencial perquè experimentin com alumnes allò que hauran d'aplicar com a docents. En aquest treball presentem una proposta de progressió d'aprenentatge i l'exemple d'una seqüència didàctica exitosa per construir el model de flotació. Els resultats mostren que els futurs mestres passen d'unes idees naïve a un model complex de flotació.
- 2. ABSTRACT:** The scientific practices are gaining momentum as an approach to science education. Introducing them into the university training of future teachers is essential, for they have to experience as students what they will have to apply as teachers. In this work we share a proposal of a learning progression and an example of a successful teaching sequence to build the model of buoyancy. Results show that pre-service teachers move from naive ideas of buoyancy to a complex target model.
- 3. PARAULES CLAU:** Formació inicial, mestres de primària, didàctica de les ciències, models i modelització, flotabilitat.



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

KEYWORDS: Students' opinion, lectures, clinical case seminars, simulation seminars, reliability.

4. DESENVOLUPAMENT:

Introducció

La pràctica científica com un marc d'ensenyament-aprenentatge adequat

La visió de l'aprenentatge de les ciències com la participació en les pràctiques de la ciència és un marc que està guanyant impuls, tant en la literatura de recerca en didàctica de les ciències com en documents educatius oficials recents (NRC, 2007). Aquest marc consisteix en veure l'activitat científica com una activitat discursiva i social que té l'objectiu de desenvolupar explicacions, realitzar investigacions i avaluar en base a proves (Osborne, 2014), i que es concreta en les pràctiques interrelacionades de modelització, indagació i argumentació.

Des d'aquesta perspectiva, es reclama un ensenyament de les ciències on els estudiants participin d'una activitat científica escolar (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003) de naturalesa discursiva i cognitiva, i alhora anàloga a (però no igual que) la de la ciència real. L'objectiu es "superar els mètodes tradicionals que ignoren els processos i contextos socials que conformen com el coneixement es crea, comunica, representa i defensa" (Grandy & Duschl, 2007, p. 144). A més a més, des del punt de vista de l'aprenentatge, si consideren que l'aprenentatge és situat i de naturalesa social (Lave, 1996; Wenger, 1998), creiem que l'alumnat aprendrà millor a partir de la participació activa en situacions o esferes d'activitat de la ciència: modelitzant, indagant, etc.

La introducció de la modelització en la formació inicial de mestres

La importància d'aquestes pràctiques en la formació universitària dels mestres de primària és doble: d'una banda perquè a les escoles no s'està fent (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008), i ells, com a futurs mestres, ho han de conèixer; i d'altra banda perquè han d'aprendre ciència amb metodologies apropiades que, a més, si les experimenten en primera persona com a alumnes tenen més probabilitats d'aplicar-les com a docents (Davis, 2003).

No obstant això, introduir el marc de la pràctica científica a la universitat planteja grans reptes per als mestres en formació (Reiser, 2013), la qual cosa requereix d'una formació



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENENTATGE

ben dissenyada, que doni suport específic en les pràctiques (com la modelització), així com en les idees científiques abordades per aquestes pràctiques (NRC, 2007).

Amb l'objectiu de promoure una formació inicial de mestres de primària en la pràctica científica de modelització i alhora contribuir en aquesta línia d'investigació, en aquest estudi hem dissenyat, implementat i investigat una assignatura del grau d'educació primària basada tant en models com en la modelització.

La nostra visió de models i modelització

En línia amb Schwarz i col·legues (2009), considerem que la modelització escolar inclou les pràctiques d'expressió, ús, avaluació i revisió de models, i que totes elles permeten a l'alumnat anar construint un model de manera adequada. A més, considerem que la participació en les pràctiques científiques és per aprendre no només les pròpies pràctiques sinó també un coneixement conceptual en el qual emmarcar-les. Aquest coneixement conceptual no són molts conceptes i teories, sinó unes poques grans idees o idees clau (Harlen, 2010; NRC, 2012) que tenen potencial per explicar molts fenòmens, i que s'haurien de desenvolupar en progressió al llarg de l'escolaritat. Els estudiants universitaris del grau d'educació primària haurien de dominar aquestes idees per poder-les ensenyar en el futur als seus alumnes.

Considerem que aquestes grans idees s'agrupen en el que anomenem models científics escolars (Izquierdo, 2014; Oh & Oh, 2011), els quals són un objectiu d'aprenentatge i serveixen als alumnes (tant de primària com universitaris) per explicar i predir gran quantitat de fenòmens, com el model de partícules o el model newtonià de forces. Des del nostre punt de vista, l'alumnat va construint les seves pròpies versions mentals d'aquests models al llarg de l'ensenyament, i progressivament van incrementant la seva riquesa i complexitat a través d'expressar-los de diverses maneres (enunciats, dibuixos, etc.) o d'utilitzar-los per predir o explicar fenòmens (Couso, 2015). L'evolució de les versions que tenen els alumnes d'un model científic escolar al llarg d'una formació o seqüència didàctica poden ser analitzades per tal d'identificar una trajectòria o camí habitual de progressió del model i construir així una progressió d'aprenentatge empírica (Duschl, Maeng, & Sezen, 2011).

La proposta de formació universitària que presentem en aquest estudi es centra en una seqüència didàctica pel model de flotació. La flotabilitat 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). Aprendre sobre el tema de la flotabilitat modelitzant un



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENENTATGE

model clau implica una transposició didàctica en la que es replantegen tant els continguts com la metodologia d'aula. Respecte els primers l'objectiu és construir un model de flotació interpretatiu a partir del model de interacció newtoniana o forces. Respecte el segon, construir aquest model paulatinament tot interaccionant amb el fenomen, de manera que "l'activitat pràctica serveixi per provocar el pensament" (Ogborn, 2012, p. 8). Així mateix, es promou el diàleg crític i el pensament lent (analitzar, buscar consistència lògica, considerar alternatives i fonamentar en proves).

Amb l'objectiu de saber si l'alumnat universitari progressa cap a versions més sofisticades del model (i si arriba a assolir el model científic escolar esperat), així com els reptes i el camí que segueix, analitzem l'evolució de les seves versions del model al llarg de l'assignatura, identificant quin camí fa la majoria de l'alumnat i proposant una progressió d'aprenentatge empírica pel model de flotació (en termes de densitat i de forces).

Context i criteris de disseny

Aquesta investigació s'emmarca en l'assignatura obligatòria de tercer del grau d'educació primària "Didàctica de les ciències", que va tenir lloc de setembre a desembre del 2015 (12 sessions de 2 a 4 h, 80 alumnes).

L'assignatura es va dissenyar inicialment en col·laboració per un grup d'investigadores de didàctica de les ciències, en base a la literatura sobre formació inicial (Mikeska, Anderson, & Schwarz, 2009). L'objectiu és la construcció dels principals models científics escolars (geologia, física, química i biologia), on es promou la interacció i discussió en grups petits al laboratori, en una cultura d'aula que motiva a esbrinar i interpretar fenòmens (Reiser, 2013).

Després d'un procés iteratiu de disseny, implementació i anàlisi de l'assignatura al llarg de dos cursos consecutius (2013-14 i 2014-15), es va dissenyar la versió definitiva de l'assignatura en base a un cicle de modelització innovador, tal i com s'ha publicat en estudis previs (Couso & Garrido, 2015).

Al llarg del procés de modificació de l'assignatura també es van anar definint i refinant les idees clau del model de flotació, que són les idees importants que volem que tinguin els alumnes i que es van introduint progressivament al llarg de la seqüència didàctica.

- Idea 1. Dues forces. 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 volum submergit).



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

- Idea 2. El valor de l'empenta. 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 empènyer un objecte amb una força equivalent al pes del volum de tot l'objecte fet d'aigua (l'aigua només pot aguantar aigua).
- Idea 3. Equilibri estàtic i dinàmic. 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.
- Idea 4. Densitat relativa. 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).

Al final de la formació, 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 flotabilitat de manera fonamentada, tant en termes de densitat com en termes de forces. El grau d'assoliment d'aquest objectiu es pot mesurar identificant els nivells d'explicació que poden donar els alumnes, a través de definir una progressió d'aprenentatge empírica.

Proposta de seqüència didàctica per construir el model de flotació

La seqüència didàctica està dissenyada perquè l'alumnat vagi construint les idees del model de flotació de manera progressiva, i segueix el cicle de modelització prèviament mencionat. Les preguntes que es formulen són de tipus explicatiu (demanen que l'alumnat expressi i utilitzi el seu model per interpretar els fenòmens) i es promou que l'alumnat discuteixi i contrasti les seves idees en petit grup (amb l'objectiu que avaluïn i revisin el seu model al llarg de la seqüència). A la figura 1 es presenta la seqüència didàctica, amb les activitats realitzades i les idees del model de flotació que es treballen a cada activitat.

Figura 1: Seqüència didàctica de flotació: activitats i idees del model treballades.



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

Recollida i anàlisi de dades

Amb l'objectiu d'identificar la progressió que fan els futurs mestres en el model de flotació, hem realitzat gravacions d'àudio i vídeo de les discussions de dos petits grups de treball (en total 9 alumnes) i hem recollit les seves produccions escrites.

A continuació s'han definit 5 moments d'anàlisi (M1, M2, M3, M4 i M5) que corresponen a diferents activitats de la seqüència didàctica (Figura 1): M1=Act1, M2=Act2, M3=Act3 i Act4, M4=Tasca individual i M5=Examen. Els tres primers moments són discussions realitzades en petit grup mentre que els dos últims moments corresponen a produccions escrites individuals.

Les dades audiovisuals i produccions recollides s'han seleccionat, codificat i analitzat utilitzant el programari d'anàlisi qualitativa Atlas.ti. Les categories d'anàlisi, que corresponen a les diferents versions o nivells del model de flotació que tenen els alumnes al llarg de la seqüència, s'han anat definint, modificant i sofisticant en un procés d'anar i venir de la teoria a les dades. Per això, s'ha consultat la literatura sobre concepcions alternatives i progressions d'aprenentatge de flotabilitat (Çepni, Şahin, & İpek, 2010; Couso, 2015; Horton, 2007; Kennedy & Wilson, 2007; Ogborn, 2002; Pluckrose & Fairclough, 1986; Radovanović & Sliško, 2013; Yin, Tomita, & Shavelson, 2008). Les versions o nivells del model constitueixen alhora la progressió empírica del model, que consta de 4 nivells tant per l'explicació en termes de densitat (Flot-D1, Flot-D2, Flot-D3 i Flot-D4) com en termes de forces (Flot-F1, Flot-F2, Flot-F3 i Flot-F4). Aquests nivells estan ordenats del més allunyat del model científic (nivell 1) al més sofisticat i que correspon al model científic escolar on es pretén que arribin els alumnes (nivell 4).

Per a cada unitat d'anàlisi (frase, dibuix o intervenció), s'ha caracteritzat quin nivell del model té cada alumne analitzat. A les produccions escrites (M4 i M5), el document de cada alumne en cada moment s'ha identificat com una sola unitat d'anàlisi i per tant s'ha caracteritzat amb una única versió del model. En canvi, per a les discussions de grup (M1, M2 i M3), en cada moment s'han identificat moltes unitats d'anàlisi (moltes intervencions diferents) i per tant al llarg de la discussió un mateix alumne varia la seva versió del model. Per tal de poder definir la versió del model en que es troba cada alumne en cada moment, s'ha escollit la versió del model majoritària que té l'alumne durant la discussió, i en el cas que dos versions apareguin en proporcions similars, s'ha escollit la més sofisticada (perquè s'entén que l'alumne demostra haver arribat a aquella versió model). Finalment hem sumat el nombre d'alumnes que es troben en cada versió del model en cada moment i hem representat aquesta evolució al llarg de la seqüència.



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

Resultats i discussió

Progressió d'aprenentatge empírica del model de flotació

La progressió d'aprenentatge empírica del model de flotació que s'ha obtingut a partir de l'anàlisi es detalla a les figures 2 (en termes de densitat) i 3 (en termes de forces). Per a cada nivell s'inclou el nom de la categoria usada a l'anàlisi, la definició de la categoria, exemples concrets de possibles respostes d'alumnes i la fita o idea superada a cada nivell. Creiem que definir la fita superada a cada nivell pot ser de gran utilitat pel professorat, ja que dóna una idea del camí d'aprenentatge que es pot esperar que facin els alumnes i per tant pot ajudar-lo a identificar en quin nivell es troba un alumne i a saber en quines fites ha de centrar-se al llarg de la instrucció per aconseguir l'avanç al següent nivell.

Figura 2: Progressió empírica del model de flotació en termes de densitat.

Figura 3: Progressió empírica del model de flotació en termes de forces.

Evolució del model de flotació en l'alumnat de grau de primària

Per tal de visualitzar l'evolució del model que té l'alumnat al llarg de la seqüència didàctica hem fet servir un tipus de representació (figures 4 i 5) ja utilitzat en estudis similars (Hernández, Couso, & Pintó, 2015) on es mostra el % d'alumnes que es troben a cada nivell del model de flotació en cada moment de la seqüència (esferes) i el camí que segueix la majoria d'alumnes (línies). Els nostres resultats indiquen que, en conjunt, l'evolució de l'alumnat analitzat és positiva en termes de densitat i de forces. Podem identificar dos moments clau en la seqüència, M2 i M4, on les activitats realitzades són especialment significatives per fer avançar l'alumnat en el seu model. El M2 correspon a l'Act2, on es demana als alumnes respondre a la pregunta "quant val l'empenta de l'aigua?" en un context experimental on han d'anar omplint un got d'aigua fins que ja no costi res aguantar-lo dins l'aigua. Aquesta activitat (M2) permet que l'alumnat comenci a pensar i discutir en termes de densitat (tal i com es veu a la figura 4, on apareixen per primera vegada les idees del model en el M2) i alhora permet que comencin a pensar en l'equilibri de forces i en la naturalesa d'aquestes (idees de nivells sofisticats del model de forces, Flot-F 3 i Flot-F 4, que surten per primer cop al M2, figura 5). El M4 correspon a la tasca per fer a casa, on es demanava interpretar la flotabilitat de dues llaunes de coca-cola (una light i una normal) i per tant aplicar el model a una nova situació propera. Aquesta tasca permet que l'alumnat posi en joc les idees treballades a classe i que faci unes explicacions més ben fonamentades (en els dos gràfics s'observa que la majoria d'alumnes són capaços de saltar al nivell 4). La petita davallada que experimenten alguns alumnes en el M5 (examen) en els dos gràfics és similar als resultats obtinguts en altres recerques similars (Hernández et al., 2015) i és esperable, ja que en un examen l'alumne està sol davant la tasca, sense l'ajuda



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

dels companys ni el suport de la professora, a diferència de quan la tasca la realitza amb temps a casa (M4).

Figura 4: Evolució del model de flotació en termes de densitat dels alumnes de grau de primària analitzats.

Figura 5: Evolució del model de flotació en termes de forces dels alumnes de grau de primària analitzats.

Cal destacar que tot i que l'evolució general és molt positiva i s'assoleixen nivells sofisticats del model, existeix una diferència entre l'evolució d'un model descriptiu com el de densitat, el qual s'aprèn més linealment i s'arriba a nivells més elevats de domini d'aquest, i un model interpretatiu 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 segurament major. L'anàlisi detallat de les converses d'aula ens indiquen que en els dos models, però especialment en el model de forces, no tots els alumnes fan el mateix camí i l'evolució del model no és lineal, sinó que en la majoria dels casos l'alumne va endavant i en darrere en la seva versió del model durant les discussions a l'aula. Per il·lustrar aquest fet mostrem l'exemple de les respostes d'una alumna (B23) a l'inici de la seqüència (M1), un tros de discussió en la qual s'involucra al mig de la seqüència (M3) i les seves respostes al final a l'examen (M5) (figura 6).

Figura 6: Respostes i discussió en la qual s'involucra l'alumna B23 a l'inici (M1), mig (M3) i final (M5) de la seqüència.

Si comparem el M1 amb el M5, l'alumna B23 ha modificat molt el seu model, passant d'una explicació inicial molt simple només en termes de forces (Flot-F1), en la qual la flotabilitat d'un objecte s'explica per una única força (ex. la força de l'aigua), a una explicació final molt més complexa i sofisticada en termes de forces i de densitat (Flot-F4 i Flot-D4), on l'alumna és capaç d'explicar la flotabilitat a partir d'una visió dinàmica de l'equilibri de forces i d'una visió de densitat relativa.

Ara bé, aquesta gran evolució no s'ha donat de manera fàcil, lineal o directa, sinó que ha requerit d'un procés lent, de vegades caòtic i complex. Tal i com queda reflectit en el breu tros de discussió mostrada, de només 4 minuts (M3, Figura 6), anar construint aquestes idees implica una reflexió i discussió profunda i no lineal en termes del model. Tot i això, l'alumnat s'involucra en un diàleg molt demandant cognitivament ("em petarà el cap"), poc a poc sofisticant el vocabulari ("pes de l'aigua és com dir força de gravetat") i utilitza arguments de tipus científic, criticant les idees dels altres i plantejant alternatives ("no, jo crec que el pes no va en relació amb el volum"), comparant fenòmens i buscant inconsistències en les explicacions ("però ja trobàvem l'equilibri sense estar del tot enfonsat"), i aclarint les idees per arribar a un consens.



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE









En conclusió creiem que, tot i que alguns continguts poden semblar fàcils a priori com la flotabilitat, les dificultats que sorgeixen en el camí si l'objectiu és que els alumnes construeixin ells les idees del model requereixen no només d'un bon disseny de la seqüència que treballi progressivament les idees, sinó també deixar prou temps a l'alumnat per discutir críticament i expressar, usar, posar a prova i consensuar el seu model (modelitzar).

Aquest model de formació inicial està sent investigat en una tesi doctoral de la primera autora. Els resultats generals de la tesi mostren efectes importants en la millora en l'aprenentatge de les ciències, en la pràctica de modelització i també en la reflexió sobre com ensenyar dels alumnes participants (Couso & Garrido, 2015; Garrido & Couso, 2015). Com a conseqüència d'aquests resultats aquesta seqüència innovadora s'està incorporant en la formació continuada de mestres, com mostra la demanda de sessions formatives realitzades per a més de 20 mestres en actiu a l'ICE (Institut de Ciències de l'Educació de la UAB).

Agraïments

Aquesta recerca està finançada pel projecte EDU2015-66643-C2-1-P.

4.1. FIGURA O IMATGE 1

Tasca realitzada	Idea Mod.	Tasca realitzada	Idea Mod.
<p>Introducció En gran grup es planteja una pregunta guia general sobre flotabilitat "Per què surten o no surten les coses? De què depèn?" amb imatges d'objectes quotidians surant i enfonsant-se. L'alumnat respon oralment i no es dona feedback.</p> <p>Introducció ... Per què surten les coses? De què depèn? I per què no surten?</p> 	Idees 1, 2, 3	<p>Després de l'Act. 3 Es comparteixen a la pissarra els dibuixos d'alguns grups, comparant-los i revisant-los. En gran grup es consensuen les explicacions, decidint com és el millor dibuix que explica la flotabilitat d'un objecte en equilibri.</p> 	Idea 2: El valor de l'empenta Idea 3: Equilibri estàtic i dinàmic
<p>ACT 1 Abans de l'Act. 1: En gran grup, es pregunta: "Algunes vegades heu intentat enfonsar una pilota dins l'aigua? Què passa? Per què creus que passa?" (per començar a pensar què ens fa l'aigua quan intentem fer un forat en ella).</p> <p>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 forats?", com ho explicaries en termes de les forces implicades?"</p> 	Idea 1: Dues forces	<p>ACT 4 Abans de l'Act. 4: En gran grup, es planteja: "Heu vist com l'aigua fa una empenta cap amunt quan voleu submergir un got amb aigua. Ara bé, les coses no estan fetes d'aigua. Si en realitat tinc un objecte fet d'un altre material... Com sabem si s'enfonsarà o no?"</p> <p>Act. 4. Com és l'empenta de l'aigua amb diferents objectes? En grup petit, s'omple el got amb boles de diferents materials, es mesura el pes del got amb boles i del volum d'aigua desplaçat, i es pregunta: "A què equival el pes de les boles? Creus que les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua?"</p> 	Idea 4: Resultat relatiu
<p>ACT 2 Abans de l'Act. 2: En gran grup, es demana explicar un altre fenomen: "Algunes vegades heu agafat a coll a algú dins l'aigua? I fins? Què has experimentat? Com ho explicaries?" (per començar a pensar a què equival la força de l'aigua).</p> <p>Act. 2. Quant vol 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 empenyer l'aigua?", "Quin és el valor de l'empenta que fa l'aigua sobre el got?"</p> 	Idea 2: El valor de l'empenta Idea 3: Equilibri estàtic i dinàmic	<p>Després de cada activitat (1, 2, 3 i 4) En gran grup, es comparteixen les idees clau del model científic escolar en un document per escrit.</p> <p>Idees flotabilitat (4) El pes d'un objecte que sura és igual al pes del volum submergit de l'aigua. El pes d'un objecte que sura és igual al pes de l'aigua desplaçada. El pes d'un objecte que sura és igual al pes de l'aigua desplaçada menys el pes de l'objecte que sura. El pes d'un objecte que sura és igual al pes de l'aigua desplaçada menys el pes de l'objecte que sura.</p> <p>TASCA INDIVIDUAL Iper fer a casa! Es proposa interpretar la flotabilitat d'una llumina de coca-cola light i una de coca-cola normal en un recipient en aigua.</p> 	Idees 1, 2, 3 i 4
<p>ACT 3 Act. 3: Quen sura un cos? En grup petit, es proposa utilitzar la base d'orientació (preguntes que ens hem de fer quan volem interpretar fenòmens) per analitzar dues situacions d'equilibri: un got mig ple d'aigua i un got totalment ple d'aigua surant.</p> 		<p>EXAMEN Es proposa un nou fenomen: una pilota de plàstic plena d'aire i una pilota de plàstic plena d'alcohol en un recipient en aigua. Es demana identificar si l'explicació és correcta o no i millorar-la en cas necessari.</p> 	



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

4.2. FIGURA O IMATGE 2

Progrés d'aprenentatge del model de flotació en termes de DENSITAT				
Nivell model	Categoria	Definició de la categoria	Exemple de resposta	Fita/idea superada
4	Flot-D 4. Densitat relativa correcta	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.	<i>Ex. 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.</i>	Identifica adequadament la relació entre densitat de l'objecte i la del fluid
3	Flot-D 3. Densitat incorrecta	La flotabilitat depèn de la densitat relativa del fluid i l'objecte però amb usos inadequats.	<i>Ex. Quan un objecte sura més que un altre, és perquè un dels dos té més densitat que l'aigua i l'altre menys. Ex. L'objecte que s'enfonsa (una mica, molt o completament) és perquè té més densitat que l'aigua.</i>	Identifica el paper del fluid en la flotació del cos
2	Flot-D 2. Densitat de l'objecte	La flotabilitat depèn de la densitat de l'objecte, o de la massa i del volum (adequadament), o del material del que està fet l'objecte.	<i>Ex. Si l'objecte és poc dens, sura. Si l'objecte és molt dens, s'enfonsa. Ex. Si l'objecte és lleuger (poca densitat) i gran, flota. Si l'objecte és pesat i petit, s'enfonsa. Per a una mateixa massa, el que pesa més s'enfonsa. Per a una mateixa massa, el que sigui més gran, sura. Ex. Si l'objecte està fet d'un material lleuger (ex. surs) i està fet d'un material pesant (ex. ferro) s'enfonsa.</i>	Identifica la propietat de l'objecte que és rellevant (densitat)
1	Flot-D 1. Propietat de l'objecte incorrecta (Massa o volum o altres)	La flotabilitat depèn només de la massa, només del volum/grandària o d'altres factors (forma, superfície, consistència o estat del material del que està fet l'objecte).	<i>Ex. Si l'objecte és lleuger o petit, sura; si és pesat o gran, s'enfonsa. Si l'objecte és aplanat, sura; si és quadrat o punxegut, s'enfonsa. Si l'objecte és tou, sura; si és dur, s'enfonsa. Si l'objecte conté aire o forats, sura; si està fet d'un líquid o sòlid, s'enfonsa.</i>	Dóna explicació en base a una propietat de l'objecte

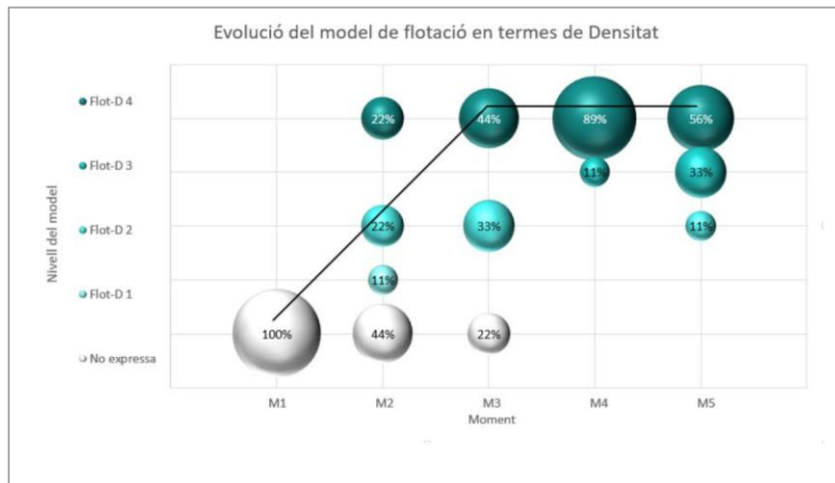
4.3. FIGURA O IMATGE 3

Progrés d'aprenentatge del model de flotació en termes de FORCES				
Nivell model	Categoria	Definició de la categoria	Exemple de resposta	Fita/idea superada
4	Flot-F 4. Equilibri dinàmic	La flotabilitat és una situació d'equilibri a la qual s'hi arriba depenent de la relació entre pes i empenya. El pes és fix (depenent de la massa). L'empenya és variable (depenent 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.	<i>Ex. Mentre s'enfonsa un objecte, el pes és major a l'empenya. Però quan ja està enfonsat, les forces implicades es contraresten. Mentre puja un objecte, l'empenya és major al pes. Però a mesura que l'objecte surt de l'aigua, l'empenya disminueix i s'igual a al pes.</i>	Identifica l'equilibri dinàmic de les forces i té clara la naturalesa del pes i l'empenya
3	Flot-F 3. Equilibri estàtic	La flotabilitat s'explica per un equilibri estàtic de forces entre pes i empenya. No queda clar si el pes és fix (depenent de la massa) ni si l'empenya és variable (depenent del volum submergit o depenent del pes) o sempre la mateixa, i per tant no té la visió dinàmica de flotabilitat.	<i>Ex. Quan un objecte sura, el pes i l'empenya es contraresten, per tant són iguals. Quan un objecte s'enfonsa (una mica, parcialment o completament), el pes guanya a l'empenya. Ex. Com més pes tingui un objecte, més empenya farà l'aigua [equilibri de forces però empenya igual a pes].</i>	Identifica l'equilibri entre les dues forces
2	Flot-F 2. Desequilibri absolut	La flotabilitat s'explica per un desequilibri absolut entre les forces pes i empenya. L'empenya és major com més sura l'objecte o com més líquid hi hagi a sota.	<i>Ex. Quan un objecte sura (o sura molt), l'empenya guanya al pes (quan un objecte pesa poc i sura poc, rep molta empenya). Quan un objecte està enfonsat (o s'enfonsa més), el pes guanya a l'empenya (quan un objecte pesa molt i s'enfonsa molt, rep poca empenya).</i>	Identifica que hi intervien dues forces (pes i empenya)
1	Flot-F 1. Una força que fa surar o enfonsar-se	Flot-F 1. La flotabilitat s'explica per una força que fa surar o enfonsar-se (pes o empenya, o altres forces que influencien l'objecte com la pressió de l'aire, la tensió superficial o la pressió lateral de l'aigua) L'empenya és una força que "agafa" els objectes en totes direccions, o és major com més sura l'objecte o com més líquid hi hagi a sota.	<i>Ex. Quan un objecte s'enfonsa és perquè pesa. Quan un objecte sura és perquè no pesa o perquè l'aigua l'aguanta/l'empenya amunt. Ex. L'aire fa força sobre l'objecte. La tensió superficial aguanta l'objecte. Les forces laterals que fa l'aigua sobre l'objecte empenyen l'objecte amunt.</i>	Dóna explicació en base a una força

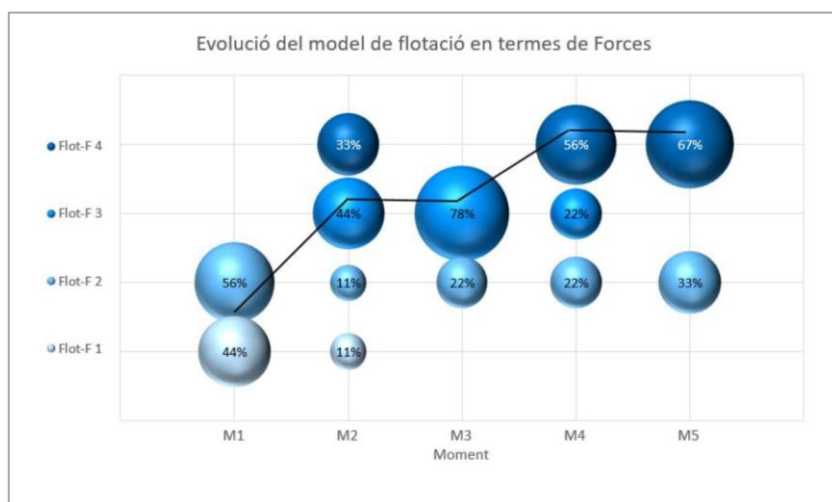


IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENENTATGE

4.4. FIGURA O IMATGE 4






4.5. FIGURA O IMATGE 5





IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENENTATGE

4.6. FIGURA O IMATGE 6

Inici – M1	Mig – M3	Final – M5
<p>Act 1. En l'activitat 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: "Quant costa fer un forat a l'aigua amb un got? Com ho explicaries en termes de les forces implicades?"</p>  <p>Resposta inicial de l'alumna B2: "costa perquè l'aigua està fent una força cap amunt."</p>	<p>Act4. En l'activitat 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 pregunten: "A què equival el pes de les pilotes? Creus que les boles estan fetes d'un material més o menys dens que l'aigua?"</p> <p>Discussió de grup (mín. 12:15-16:35)</p> <p>B2: "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: "...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 sígu, que el pes d'aigua que necessitem, tot i que l'aigua sigui menys densa que el volum de caniques..."</p> <p>B21: "pes d'aigua és com de 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> <p>B21: "el pes és el que fa que surti o no suri una cosa. Com més pes té, a l'aigua més li costa aguantar el pes d'aquella objecte, per això amb menys caniques ja se'n 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 més, que a l'aigua. Per tant, amb menys caniques se'n enfonsa també."</p>  <p>B22: "menys caniques i menys volum..."</p> <p>B23: "més densar"</p> <p>B21: "les boles 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>B23: "No ho entenc, perquè jo trobavem l'equilibri sense estar tot el got enfonsat"</p> <p>B22: "No, perquè per equilibrar nivells, què hem necessitat? Doncs pel que fa a l'aigua hem necessitat omplir el got fins la vora, però pel que fa a les caniques no hem arribat fins dalt de tot."</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>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 són més denses, necessitem menys per desplaçar la mateixa quantitat d'aigua."</p> <p>B22: "jo crec que la cosa és desplaçar un material menys dens amb un objecte més dens és més fàcil que desplaçar el mateix material amb un de la mateixa densitat."</p> <p>B21 B22: "Clor."</p>	<p>Pregunta de l'examen: "Explica la flotabilitat de dues pilotes surant en aigua, una amb alcohol a dins i l'altra amb aire a dins."</p>  <p>Resposta: B23: "El pes de les pilotes és igual al del volum submergit fet d'aigua. Per tant, el pes de la pilota amb alcohol és superior al de la pilota amb aire, però en els dos casos pesen menys que si estiguessin fetes d'aigua. Com que el volum és el mateix en els dos casos, viem que la densitat de la pilota amb aire és inferior a la de la pilota amb alcohol. L'empenta de l'aigua és igual al pes del volum del cos submergit fet d'aigua (l'aigua desplaçada en cada cas). Per tant, l'empenta serà superior en el cas de la pilota amb alcohol, ja que el volum submergit també és superior. El pes de la pilota amb alcohol també és superior al pes de la pilota amb aire. En els dos casos la força del pes i de l'empenta es contraresten (són iguals), per això les pilotes estan en equilibri (no hi ha canvis de moviment)."</p>

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Çepni, S., Şahin, Ç., & İpek, H. (2010). Teaching floating and sinking concepts with different methods and techniques based on the 5E instructional model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), 1 -7.
- Couso, D. (2015). La clau de tot plegat: la importància de "què" ensenyar a l'aula de ciències. *Ciències*, 29, 29 -36.
- Couso, D., & Garrido, A. (2015). Models and Modeling in elementary school pre-service teacher education: the influence of teaching scenarios. In *ESERA 2015 Selected proceedings*.
- 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.
- 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.
- Garrido, A., & Couso, D. (2015). Pre-service teachers' perceptions about modelling: first steps towards a reflective participation in scientific practices. In *ESERA 2015 proceedings*.
- 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.
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Gosport, Hants, UK.



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

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.

Horton, C. (2007). Student alternative conceptions in chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2), 18 -38.

Izquierdo, M. (2014). Los modelos teóricos en la enseñanza de las “ciencias para todos” (ESO, nivel secundario). *Biografía*, 7(13), 69 -85.

Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, 27 -43.

Kennedy, C., & Wilson, M. (2007). Using Progress Variables to Interpret Student Achievement and Progress. BEAR Technical Report No. 2006-12-01. Berkeley, USA.

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.

Mikeska, J. N., Anderson, C. W., & Schwarz, C. V. (2009). Principled reasoning about problems of practice. *Science Education*, 93(4), 678 -686.

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.

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 Educatione*, 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.

Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177 -196.

Pluckrose, H., & Fairclough, C. (1986). Ideas for teaching science: Years P-8. Floating and sinking. *ThinkAbout*.

Radovanović, J., & Sliško, J. (2013). Applying a predict -observe -explain sequence in teaching of buoyant force. *Physics Education*, 48(1), 28.



IMPACTES DE LA INNOVACIÓ EN LA DOCÈNCIA I L'APRENTATGE

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.

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.

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

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310 -378.

Yin, Y., Tomita, M. K., & Shavelson, R. J. (2008). Diagnosing and Dealing with Student Misconceptions: Floating and Sinking. *Science Scope*, 31(8), 34 -39.