

Els contextos quotidians i els Estudis de Cas com a espai didàctic per a l'ensenyament de les Ciències basat en Projectes

Iván Marchán-Carvajal (theochem@hotmail.com) Institut de Cornellà (Cornellà de Llobregat). Departament d'Educació Lingüística i Literària i de Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica, Universitat de Barcelona

Laia Palou (laiapalou.prof@salasixandri.cat) Institut Salas i Xandri (Sant Quirze del Vallès)

Pere Royo (proyo4@xtec.cat) Institut-Escola Les Vinyes (Castellbisbal)

Jordi Domènech-Casal (jdomen44@xtec.cat) Institut Marta Estrada (Granollers). Departament de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona

L'Aprenentatge Basat en Projectes suposa una oportunitat per a l'ensenyament de les ciències, perquè inclou el paper del Context en l'aprenentatge, i la necessitat d'un aprenentatge actiu basat en la resolució de conflictes. Es proposen diverses experiències d'esquemes metodològics diversos (estudis de cas, indagació, controvèrsies) al voltant de les reaccions químiques, les mescles i dissolucions, la mitosi, la tectònica de plaques i la cinemàtica i la dinàmica) i se'n discuteix la seva utilitat en l'ensenyament de les Ciències.

Paraules clau: Context, Estudis de cas, Cuina, Indagació, ABP.

Project-Based Learning is an opportunity for Science Education, as it includes in learning activities a main role for the Context, and the need to solve conflicts through active learning activities. We propose several experiences based on diverse methodological frames (Case Studies, Inquiry, Socio-Scientific Issues) on chemical reactions, solutions, mitosis, plate tectonics, kinematics and dynamics) and we discuss its applications to Science Education.

Keywords: Context, Case Studies, Cooking, Inquiry, PBL.

INTRODUCCIÓ

En l'ensenyament de les ciències diversos autors proposen que el treball amb conflictes o encàrrecs ubicats en contextos rellevants i propers al món real és una estratègia útil per a promoure coneixements profunds i transferibles (Marchán-Carvajal i Sanmartí, 2015). En aquest sentit, l'elaboració de productes autèntics, orientats a públics externs (Prins *et al.*, 2008) afavoreix una motivació intrínseca per a l'aprenentatge, però al mateix temps per a les idees clau de la ciència i la naturalesa del coneixement científic.

En aquest sentit, la Cuina és un context quotidià molt útil per a vincular-hi idees i models científics de la Química (Mans *et al.*, 2003, Martínez, 2005, Solsona-Pairó, 2005, 2010), des del punt de vista de les propietats de la matèria, però també proposant la química com a "manera de mirar el món", que podem aplicar també des d'un punt de vista indagador, vinculant-hi contextos com els productes de neteja, el tabac, l'enginyeria...

Ubicar l'ensenyament de les ciències en conflictes és també necessari perquè els alumnes aprenguin els models científics tot posant-los a prova en situacions-problema contextualitzades. Els Estudis de Cas són un tipus concret d'Aprenentatge Basat en Problemes que recull també alguns eixos meto-

dològics de l'Ensenyament de les Ciències Basat en la Indagació (l'ús d'estratègies investigadores pròpies de les ciències i la comunicació científica com a marc estructurador). En els Estudis de Cas es proposa a l'alumnat una situació-problema inicial contextualitzada amb proves a interpretar i a resoldre mitjançant la instrumentalització de models científics i dinàmiques de discussió i argumentació científica. Un tipus particular d'Estudis de Cas, el Mètode de Cas Dirigit (Cliff i Nesbit-Curtin, 2000, Domènech-Casal, 2017), proposa que els alumnes rebin les proves de manera progressiva emulant la forma en què la Ciència aborda els problemes, mentre els alumnes estableixen connexions entre lliçons teòriques sobre el tema i el problema a resoldre.

A continuació descrivim diverses experiències en què context i conflicte interactuen en propostes ABP d'ensenyament de les ciències.

DESCRIPCIÓ D'EXPERIÈNCIES

Química amb substància (Iván Marchán-Carvajal)

Es proposen diverses activitats des de l'àmbit de la Química (4t d'ESO) desenvolupades amb l'objectiu de formar ciutadans competents científicament, sense renunciar als continguts, que són una part fonamental de la competència. L'activitat s'ha provat amb diversos grups d'alumnes durant el període 2014-2016 a l'Institut Europa de l'Hospitalet de Llobregat.

Taller experimental sobre coets:

L'objectiu del projecte és preparar un taller experimental sobre coets per a una visita d'alumnes de primària (Figura 1a). Es fan diferents assajos amb ampolles de plàstic i la reacció química entre bicarbonat i vinagre, que genera CO_2 , que és usat com a impulsor del coet ($\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Mitjançant un procés de recerca i prova-error, trobem que hi ha una proporció òptima per a maximitzar la generació de CO_2 (lleï de les proporcions definides) però també ens permet discutir sobre la conservació de la massa.

No barrejis productes químics a casa perquè la pots liar parda!

L'objectiu del projecte és contribuir a una campanya de seguretat en l'ús de productes de neteja. S'inicia l'activitat a partir d'un vídeo d'una notícia sobre un accident per barrejar lleixiu (hipoclorit de sodi) i salfumat (àcid clorhídric). Es reproduïx l'

experiment a l'aula i s'indaga sobre les possibles substàncies que es formen (clorur de sodi, aigua i clor gasós) a partir d'experiments i la comprensió de les etiquetes dels productes de neteja ($\text{NaClO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$).

A continuació es realitza una pancarta en *Powerpoint* per a divulgar a la població (a través de la web de l'institut) el perquè és perillós barrejar algunes substàncies químiques tot incidint en la diferència entre barrejar (canvi físic) i fer un canvi químic (obtenció de noves substàncies). També es treballen les característiques d'una indagació: problema, hipòtesi, disseny experimental, etc.

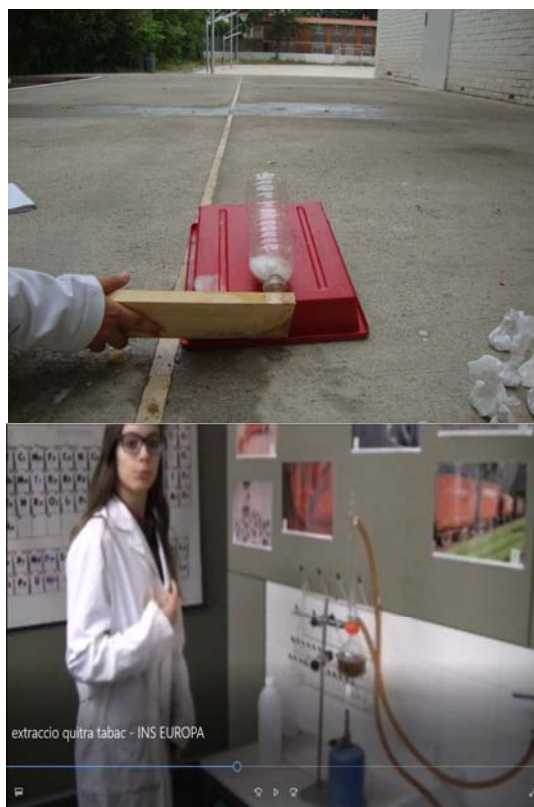


Figura 1. a) Coet preparat per envolar-se. b) Captura d'un vídeo d'extracció de quitrà. El vídeo complet, disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=LbL731QeLG8>

El tabac, des de la química:

L'objectiu del projecte és elaborar un vídeo contra el consum de tabac "Què queda al pulmó dels fumadors?". La proposta s'emmarca en l'estudi dels compostos orgànics i fa servir un mètode de separació poc present al currículum però molt habitual: l'extracció sòlid-líquid. Es bull etanol amb el contingut d'unes cigarretes i s'extreu el quitrà amb d'altres components. A continuació, es prepara la sessió de gravació del vídeo i el posterior treball d'edi-

ció amb subtítols i música. L'activitat es planteja com un control de qualitat: es vol comprovar que el contingut en quitrà que indica les capses de tabac és cert. L'activitat contribueix a la prevenció del consum de tabac entre adolescents, fet que està relacionat amb la dimensió salut de les competències de l'àmbit científic-tecnològic. El vídeo es presentà al concurs "Aquí hay química" organitzat per l'Institut Químic de Sarrià durant el curs 2014-2015 (Figura 1b).

Un plaer amb molta química (Laia Palou)

En aquest cas es va proposar a 30 alumnes de 2n d'ESO de l'Institut Salas i Xandri com a repte explicar una recepta per cuinar unes postres de xocolata a partir de la matèria i les seves propietats i fer-ne un vídeo de *YouTube* d'una durada màxima de 5 minuts. El projecte treballa diversos continguts de ciències, com les propietats de la matèria (massa, volum, densitat, punt de fusió i ebullició,...) les mescles i dissolucions i el model cinètic-molecular, i està disponible en format web <https://sites.google.com/salasixandri.cat/quimica-de-la-cuina>. Com a marc de treball, els alumnes es distribueixen en grups i es reparteixen les tasques pel treball cooperatiu. També es comparteixen els documents individuals i de grup amb les activitats plantejades.

El procés seguit en el projecte té les diferents etapes:

- 1) Previsió. Es familiaritzen amb el projecte, però sense començar a desenvolupar res. Ens assegurem que entenen el què han de fer, que tenen clar quin rol ha d'exercir cada membre del grup,



que identifiquen aquelles parts que ja saben i aquells conceptes que els caldrà aprendre i es fan preguntes que ajudaran a desenvolupar el projecte

- 2) Recerca. Els oferim una base teòrica, activitats i experiments que els són necessaris per poder desenvolupar el projecte. En aquest cas treballlem, per exemple, els estats de la matèria, la densitat o es fan propostes per classificar els ingredients que tenen. També hi ha una activitat relacionada amb la gestió dels residus de la cuina. Al llarg d'aquesta fase van apareixent dubtes que els caldrà resoldre recercant nova informació, que pot no trobar-se a la *Site*.
- 3) Anàlisi i propostes. Els caldrà compartir tota la informació que han après a l'apartat anterior, revisar les propostes inicials i concretar les propostes definitives per fer el producte final.
- 4) Elaboració. Ara els queden tres sessions per elaborar la recepta i el vídeo final. Malgrat els donem algunes pautes i consells tenen llibertat per definir el producte final com vulguin. En aquesta fase la cooperació entre els membres del grup és clau per tirar endavant el projecte seguint la temporització marcada.
- 5) Avaluació. Tots els projectes s'avaluen atenent els mateixos criteris: Document individual (30%); Document de grup (20%); Vídeo (30%, amb rúbrica); Treball en grup (10%, amb rúbrica); Treball a classe (10%).

Les pautes i la Rúbrica del projecte són disponibles a:

<https://sites.google.com/salasixandri.cat/quimica-de-la-cuina/avaluaci%C3%B3/producte-final?authuser=0>



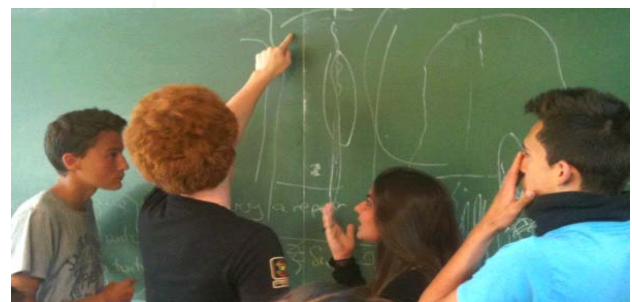
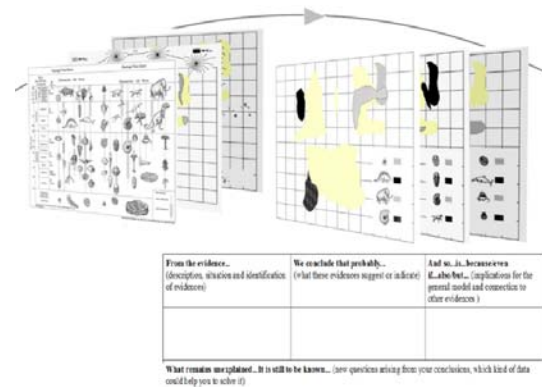
Figura 2. Alumnes en diferents etapes de la recerca i elaboració. Un exemple de vídeo disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=9Rk8eb-qoHs>


Estudi de Cas: tectònica de plaques i mitosi (Jordi Domènech)

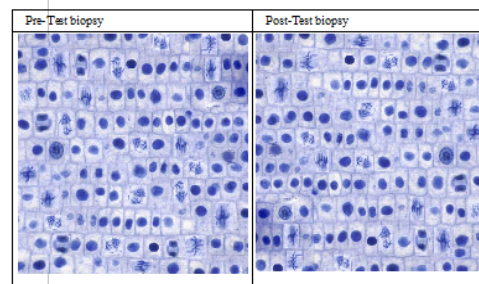
Seguint la metodologia dels Estudis de Cas Dirigít s'han creat i aplicat dues activitats amb 80 alumnes de diversos cursos (2013-2015) de la matèria de Biologia i Geologia de 4t d'ESO, dirigides als àmbits temàtics de la Tectònica de Plaques i la Mitoisi i la recerca biomèdica. En ambdues propostes, s'han creat escenaris d'evidències fictícies, però versemblants, que els alumnes analitzen per equips al llarg de diverses etapes, mentre reben petites classes sobre aspectes teòrics del tema, creant diversos productes parcials i final de gèneres lingüístics científics que són usats com a instruments d'avaluació.

En l'activitat *Gondwana Tales* [1] (Domènech-Casal, 2015) es proposa a l'alumnat reconstruir la història geològica tectònica d'un planeta imaginari al llarg de quatre períodes geològics a partir de diverses dades parcials (sísmiques, paleomagnètiques, registre fòssil, tipus de roques,...). Els alumnes han d'integrar la informació de diversos tipus per a treure conclusions de les dades i instrumentalitzar coneixements del model teòric de la tectònica de plaques (fosses de subducció, dorsals, límits transformants,...) per a proposar com a producte final un vídeo de divulgació científica sobre els seus descobriments, establint de quines parts de la seva explicació representen conclusions més segures i de quines estan menys segurs.

En l'activitat *Drug Research* [2] (Domènech-Casal, 2016a) es proposa a l'alumnat descobrir quin fàrmac i quin tractament antitumoral és més eficaç per al tractament del càncer mitjançant la identificació de cèl·lules en mitosi en diverses imatges de mostres de biòpsies pre i post-test en diferents condicions. Els alumnes han d'analitzar els resultats per un tractament (fàrmac, dosi i durada) i, després, cercar un company que tingui un tractament que permeti treure conclusions en comparar els dos tractaments, per a escriure un article científic en què justifiquin en base a la detecció de cèl·lules en mitosi l'eficàcia dels tractaments estudiats. Una dinàmica final vincula l'activitat a mecanismes de validació i creació del coneixement científic (publicacions d'articles, sol·licitud de projectes...) i culmina amb una observació al microscopi de cèl·lules tractades en diferents condicions amb l'objectiu de confirmar/descartar hipòtesis emergides dels seus articles.



ONCOLOGIC DIAGNOSIS SERVICE			
ID Code	AX2111131		
Drug	Cicloflavine A		
Dose	10	(Units)	
Period	1	(Months)	



Pre-test biopsy						
	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Interphase	Mitotic index
Field 1						
Field 2						
Mitotic Index (average)						



Figura 3. Mitjançant bastides lingüístiques amb iniciadors de frase i dinàmiques de discussió, es promou que els alumnes segueixin processos de raonament científic partint d'unes evidències inicials que configuren un escenari

Les activitats presentades tenen com a objectius d'aprenentatge treballar els criteris d'avaluació del currículum relatiu a reconèixer característiques bàsiques del cicle cel·lular (14), identificar aplicacions científiques en activitats professionals (4), interpretació de registres del passat (10), justificar fenòmens geològics associats als moviments de la litosfera (11) i planificar i dur a terme una recerca experimental (9). Aquestes activitats formen part del projecte *ProyectandoBioGeo* [3], de recobriments curricular de la Biologia i Geologia de 4t d'ESO mitjançant projectes de diversos tipus (Domènech-Casal, en edició) i usen bastides didàctiques del projecte C3 [4] (Domènech-Casal, 2016b).

CRASH, peritatge d'accidents per a treballar la Cinemàtica i la Dinàmica (Pere Royo)


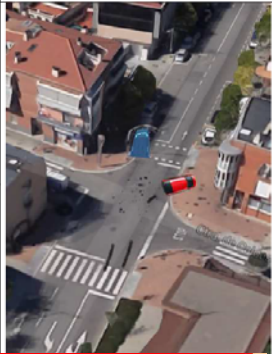

En plantejar-nos aquest projecte vàrem voler que en el marc del context dels accidents de trànsit els alumnes treballessin les temàtiques de cinemàtica i dinàmica, en especial els continguts d'Interaccions amb el món Físic: Magnituds que descriuen moviments: posició, temps, velocitat i acceleració; Equilibri de forces, repòs i moviment rectilini uniforme; Efecte d'una força o suma de forces. Relació qualitativa i experimentar entre força i moviment. Aplicacions a la vida quotidiana.

L'activitat es va aplicar amb 120 alumnes de 2 instituts, l'Institut Marta Estrada (Granollers), i l'Institut Les Vinyes (Castellbisbal). Els materials de l'activitat (Dossier de l'alumne) són disponibles per a la seva descàrrega [5].

En aquest projecte els alumnes representen el rol de pèrits d'accidents de trànsit i elaboren un informe on descriuen el moment anterior a un diversos accident de trànsit a partir de les evidències de què disposen (imatge posterior a l'accident, testimonis dels implicats i tercers, dades tècniques del vehicle...) i a partir de l'experimentació qualitativa amb relacions de diferents magnituds (velocitat, massa, desplaçament, temps, etc)

Després d'una primera sessió en què es presenten els tres escenaris (accidents) i els objectius a assolir (fer un peritatge per determinar com i perquè ha passat l'accident), es proposa als alumnes testificar com a pèrits. Amb l'ajut de rampes i cotxes de joguina, un simulador de xocs i diferents aportacions procedimentals i conceptuals (representació de gràfics de cinemàtica, lleis de Newton, quantitat de moviment...) intenten reproduir les diferents versions que ofereixen els testimonis dels accidents tenint en compte les condicions (velocitat, massa, desplaçament,...).



CODI DE SINISTRE: 030117-001		ESCENARI
Testimoni 1:  S. Sanchez	Conductor cotxe blau. <i>"Ella ha mirando el mòbil. Se inconspicua sin mirar y me golpeó el costado de la furgoneta. Ha más rápido que yo. Perdi el control y acabó chocando con la farola."</i>	
Testimoni 2:  E. Tauli	Conducció cotxe vermell. <i>"En un moment de la conducció, vaig canviar de carrer i de cop i vaig veure un cotxe vermell i un impacte molt fort. No el d'on havia sortit, anava més ràpid que jo."</i>	

Restart Back Pause Step Sim Speed Time = 1.31 s

Ball	Mass (kg)
1	0.5
2	1.5

Figura 4. a) Alumnes duent a terme la formació com a pèrits; b) Usant rampes i cotxes amb masses modificades per a modelitzar els accidents; c) Part d'un dels casos proposats; d) Simulador usat en els estudis relatiu a la inèrcia i la quantitat de moviment.

La dinàmica de treball és en petits grups de 2 o 3 alumnes que s'encarreguen d'analitzar les evidències disponibles per tal de resoldre el conflicte plantejat mitjançant hipòtesis, comprovant-les i arribant a unes conclusions el més plausibles possible. Les primeres sessions es plantegen com a pràctiques on els alumnes fan unes activitats que els acrediten com a pèrits. En aquestes activitats s'adquireixen el vocabulari i les nocions necessàries per poder analitzar els casos d'accidents presentats inicialment, i inclouen diferents activitats de laboratori per veure el comportament de vehicles en funció de diferents factors a tenir en compte (posició, temps, velocitat, acceleració, pendent, massa dels vehicles), així com conceptes com MRU, MRUA, fregament, massa, velocitat,... A més, es presenta als alumnes els principis de Newton relatius a la dinàmica, i el concepte de Quantitat de Moviment amb l'ajut d'un simulador [6].

Un cop acreditats, els alumnes inicien el treball autònom d'anàlisi dels casos i preparació de la seva declaració en l'Audiència que se celebra a la darrera sessió en la que el professor actua com a jutge i obre l'audiència dels casos dels alumnes.

L'avaluació es basa en el dossier de l'alumne que entreguen els alumnes i l'informe pericial (en format vídeo) que elaboren sobre els casos d'accident que es presenten, a més de la dinàmica de debat que es proposa en aquesta sessió. Intercalades entre aquestes fases trobem diferents productes intermedis que els alumnes han de preparar i entregar.

Cal remarcar que, voluntàriament, en crear aquestes situacions (accidents) no busquem que els alumnes trobin la "resposta correcta" atès que ni nosaltres mateixos la coneixem, sinó que el que cerquem és que trobin la seva hipòtesi, justificada per les evidències inicials i per les experimentals. Com a aspectes addicionals que es poden introduir en aquest projecte podem trobar controvèrsies morals molt d'actualitat, com el debat sobre com han d'actuar els cotxes sense conductor davant un possible accident amb víctimes, és a dir, si s'ha d'optar pel "mal menor". O els possibles prejudicis davant la verosimilitud dels implicats o testimonis en funció del seu gènere, raça, aspecte, condició social...

CONCLUSIONS

Els alumnes valoren molt positivament els projectes proposats, que treballen de manera significativa i realista conceptes importants de ciències. Pensem que aquest tipus d'activitats són projectes tancats molt vinculats al currículum i, en especial, al desenvolupament de les dimensions conceptual,

procedimental i epistèmica de la Competència Científica, que requereixen tres tipus de continguts: informacions del context, models teòrics de la química i coneixements epistèmics i procedimentals de la ciència

Considerem que alguns aspectes són importants en el disseny de propostes:

- La importància d'adreçar-nos a un públic de fora de l'institut fent una tasca autèntica.
- La rellevància personal i social de la situació plantejada a l'alumnat.
- El treball experimental planificat i realitzat pel propi alumnat en equips cooperatius.
- La diversitat de competències i continguts que s'han posat en pràctica.

Un dels aspectes que més dificultats presenta és el de l'avaluació. Seria interessant poder avaluar fent servir instruments que permetin valorar el procés de realització, el producte final, la presentació pública i una prova escrita individual i competencial. Aquesta diversitat d'instruments permet recollir dades de competències molt diverses. Com a element regulador de tot el procés és convenient l'elaboració d'una carpeta d'aprenentatge on es prengui consciència d'allò après i del que queda per aprendre.

També és important l'adaptació d'espais i horaris, disposar de franges de dues hores per poder optimitzar el temps i tenir un mínim de 6 unitats per classe de la majoria dels instruments de laboratori especificats en el projecte. També ajuda ser dos professors a l'aula sobretot a la fase de recerca.

Considerem que la col·laboració entre docents en la construcció del projecte i la comunicació entre ells mentre l'apliquen (fins i tot en instituts diferents) és important per a millorar les propostes i fer sostenible el treball amb aquestes metodologies. És important aprofitar recursos d'altres professors així com compartir aquells recursos que hem creat nosaltres mateixos. En la seva creació cal seguir una estructura repetible començant per donar un context el més real i atractiu possible a partir del qual els alumnes puguin estudiar evidències que els permetin generar hipòtesis que posteriorment intentin comprovar per assolir unes conclusions.

AGRAIMENTS

Aquest article recull el contingut de ponències de les Jornades sobre Aprenentatge Basat en Projectes #STEMABP [<https://stemabp.wordpress.com/>] organitzades per el CESIRE del Departament d'Ensenyament i la Fundació Catalana per la Recerca i la Innovació.

Els autors agraïm al professorat i alumnat dels centres la seva participació. El projecte CRASH és el desenvolupament d'una idea original co-creada a la trobada #betacamp16 per el node de professorat #TauronsIndagadors

<http://www.betacamp.cat/taurons-indagadors/> i ulteriorment desenvolupada per professors del grup de treball

EduWikiLab
<https://eduwikilab.wordpress.com/>. Reflexions incloses en aquest article s'emmarquen en la reflexió metodològica duta a terme al grup de recerca consolidat LICEC (referència 2014SGR1492) per AGAUR i finançat per el Ministerio de Economía y Competitividad (referència EDU2015-66643-C2-1-P).

REFERÈNCIES

CLIFF, W. H., NESBITT-CURTIN, L. (2000). *The directed case method*. Journal of College Science Teaching, 30(1), 64-66.

DOMÈNECH-CASAL, J. (2015). *Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2015), 12(1), 186-197.

DOMÈNECH-CASAL, J. (2016a). *Drug Research: una secuencia contextualizada de indagación sobre mitosis, cáncer y creación del conocimiento científico*. Investigación en la escuela, 88, 1-19.

DOMÈNECH-CASAL, J. (2016b). *Proyecto C3: indagación científica, lengua y contextos en la ESO*. Aula de Secundaria, 19, 15-19.

DOMÈNECH-CASAL, J. (en edició). *Proyectando BioGeo, un itinerario de trabajo por proyectos contextualizados basado en la indagación y la Naturaleza de la Ciencia*. Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales. En edició.

DOMÈNECH-CASAL, J. (2017). *Aprendizaje Basado en Proyectos y Competencia Científica. Experiencias y propuestas para el método de Estudios de Caso*. Enseñanza de las Ciencias. En edició, setembre 2017.

MANS, C; PÉREZ SAMPER, M. A, BAYÉS, L ET AL. (2013). *Ciència i xocolata (1a edició)*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

MARCHÁN-CARVAJAL, I. Y SANMARTÍ, N. (2015). *Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica*. Educación Química, 26(4), 267-274.

MARTÍNEZ, M.D (2005). *No hi ha bona cuina sense bona química!* Escola catalana. 422, 19-20. Barcelona.

PRINS, G. T., BULTE, A. M. W., VAN DRIEL, J. H. & PILOT, A. (2008). *Selection of authentic modelling practices as contexts for chemistry education*. International Journal of Science Education, 30(14), 1867-1890.

SOLSONA PAIRÓ, N (2005). *Una introducció a la química des de la cuina*. Ciències, 1, 12-15.

SOLSONA PAIRÓ, N (2010). *Una experiencia competencial de química y bizcochos en el aula*. Aula, 188, 52 -55.

NOTES

- [1] Materials de l'activitat Gondwana Tales:
<https://sites.google.com/a/xtec.cat/gondwanatales/home>
- [2] Materials de l'activitat Drug Research:
<https://sites.google.com/a/xtec.cat/drugresearch/home>
- [3] Materials de l'itinerari de Treball per Projectes ProyectandoBioGeo:
<https://sites.google.com/site/proyectandobiogeo>
- [4] Materials i bastides del ProjecteC3 (Creació del Coneixement Científic):
<https://sites.google.com/a/xtec.cat/c3/home>
- [5] Materials de l'alumne del projecte CRASH:
<https://app.box.com/s/nbndtbffmjh8l7iudvjyriuou b3xxwz>
- [6] Simulador de xocs:
https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_en.html