



Ciència escolar per als reptes actuals: esculls en el camí i estratègies per superar-los.

Mercè Izquierdo Aymerich

Conxita Calvo Lomero

Fina Guitart Mas

Gemma Garcia Cáceres

Joan Aliberas Maymí

Josep Lluís Estaña Viver

Mercè Guerrero Sala

Equip del projecte “Ciències 12-15”

Ciencies1215@gmail.com

Resum • Per lluitar contra la desafecció envers la ciència escolar i fer-la atractiva per a l'alumnat, la recerca educativa mostra que cal evitar de topar amb alguns esculls: el de tractar-la com a simple informació, el de confondre-la amb formació d'especialistes, el d'ignorar les idees intuïtives del sentit comú, o el de pretendre regular-la amb criteris purament científics. En aquest article descriurem algunes vies –potser innovadores– per evitar aquests esculls i fer possible una veritable Activitat Científica Escolar (ACE). És el que estem intentant cada dia a classe, utilitzant el projecte “Ciències 12-15”.

Paraules clau • modelització, experimentació, argumentació, llenguatge, regulació

School science for current challenges: pitfalls along the way and strategies to overcome them.

Abstract • To combat disaffection with school science and make it attractive to students, educational research shows that it is necessary to avoid collide with some obstacles: to treat it as mere information, to confuse it with specialist training, to ignore the intuitive ideas of common sense, or to try to regulate it with purely scientific criteria. In this paper, we will describe some ways –perhaps innovative– to avoid these pitfalls and to make possible a true School Science Activity (ACE). This is what we are trying to do every day in class, using the “Science 12-15” project.

Keywords • modelization, experimentation, argumentation, language, regulation

CONSTRUIR CONEIXEMENT O TRANSMETRE'L JA ELABORAT?

Els alumnes de primer d'ESO han utilitzat xeringues per comprimir diversos materials. Preveien que els líquids es comprimirien més que els sòlids, però menys que un gas. La predicció els ha fallat quan l'aigua no s'ha comprimit apreciablement (fig. 1). Això els ha permès inferir que les partícules en els líquids es deuen estar tocant, com en els sòlids.

Que una taca de colorant s'escampi més ràpidament en aigua calenta que en aigua freda (fig.2) els condueix, després de discutir-ho, a pensar que les partícules es deuen estar movent -encara que no ho sembli!- i que com més calent sigui un material, més ràpides deuen anar.



Figura 1. Intentar comprimir un líquid no és una acció emocionalment neutra. (J.M. Faro)

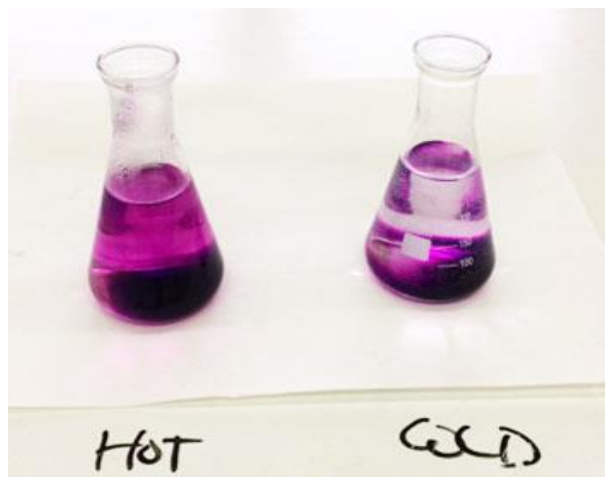


Figura 2. El colorant es difon més ràpid en aigua calenta que en aigua freda. (J.M. Faro)

Tal com es visualitza en aquests i molts altres **fenòmens**, tot estudiant el comportament de **sistemes** ben triats l'alumnat va incorporant a la seva manera de mirar el món determinades entitats (com les *partícules*) que tenen **propietats** (com la seva *velocitat*) i que esdevenen importants per determinar les regles (com la relació entre *temperatura* d'un objecte i la *velocitat* de les seves partícules) que governen el funcionament de sistemes semblants. Al llarg d'una seqüència d'ACE, les entitats, les propietats i les **regles** han d'anar evolucionant fins a resultar acceptables des d'un punt de vista científic escolar.

De cada sistema estudiat, cada alumne intenta construir-ne una còpia mental, sotmesa a les regles de funcionament que considera vàlides, i que li permeten reproduir el comportament del sistema. Aquesta còpia s'anomena **model mental** del sistema i és un recurs clau per mantenir-nos connectats a la realitat del món. Per això, no ens ha d'estranyar que cada model mental que utilitzem ens generi un estat emocional relacionat amb la **satisfacció** que ens produeix. Si el model mental funciona bé sentirem una emoció **positiva i negativa** en cas contrari (fig. 3): cognició i emoció són inseparables. En aquest context, les emocions negatives generades per les mancances del model creen la **necessitat** de canviar-lo perquè resulti satisfactori: un potent mecanisme de **motivació intrínseca** per a l'aprenentatge.



Figura 3. Al passar la mà, aquesta noia esperava que la concentració de partícules a la dreta del full l'empenyeria cap a l'esquerra. Però la predicció li ha fallat i ha canviat a negatiu el seu estat emocional i també el del company. Això els empeny a modificar el seu model. (J.M. Faro)

La seqüència que descrivíem segueix amb més ACE i permet construir un **model teòric escolar** sobre l'estructura de la matèria, anomenat 'model cinètic', en un procés de **modelització**. Un **model** teòric com aquest, recull no només el que en podríem dir la 'teoria' (com les entitats, propietats i regles) sinó també els tipus de sistemes implicats, els instruments i tècniques per intervenir-hi, la forma d'interpretar els indicis, les formes de llenguatge i representació... Tots aquests components, que són els que fan possible les **competències**, no sempre es tenen prou en compte.

Un model teòric és tant una **manera de mirar** el món, de pensar-hi, de parlar-ne i d'intervenir-hi, com també una mena de caixa d'**eines cognitives** per fer possibles totes aquestes tasques.

Quan es tracta de treballar continguts de ciència poc intuïtius, és útil dissenyar un **cicle d'aprenentatge**. Es tracta d'un itinerari d'ACE que consta de quatre fases (fig. 4). Comença posant a prova les idees inicials dels alumnes sobre aquells tipus de sistemes (**exploració**: $S_1-M^0_1$). Un cop posades en dubte algunes d'elles, anem conduint la indagació cap a la construcció de noves entitats,

propietats o regles que resolguin la situació, comprovant que siguin generalitzables (**introducció**: $S_1-M^1_1$). La nova manera de mirar es formula per escrit de manera generalitzada (**estructuració**: formalització d'un sistema genèric i un model genèric). Finalment es fa servir per resoldre altres situacions amb sistemes cada vegada més diversos (**aplicació**: S_2-M_2 etc.).

De vegades encara s'aborda l'estudi del model cinètic de la matèria des dels postulats teòrics i posteriorment s'il·lustra, potser, amb alguns experiments. Això suposa un escull per a l'alumnat, un terreny difícil per a les emocions estimulants.

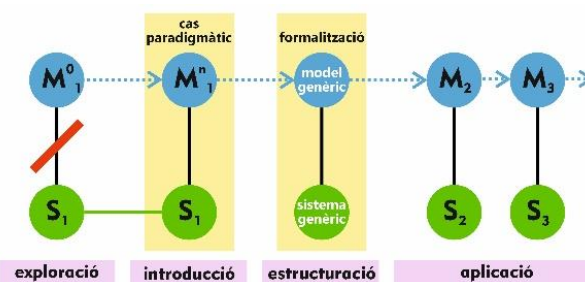


Fig. 4. Les quatre fases d'un cicle d'aprenentatge avancen relacionant sistemes físics i models mentals. La resolució d'un cas paradigmàtic i la seva formalització serveix de referència per resoldre altres casos.

LA MIRADA DE L'ALUMNAT O LA DE LA DISCIPLINA?

Posem-nos en el lloc d'un alumne d'ESO dispost a entendre el món. Algunes de les preguntes que es pot formular són, potser, de l'estil de: per què veig el món? Quin paper juga la llum en diversos fenòmens corrents? Com es comporta? Com pot tenir tants colors? o com ens permet conèixer el moviment del Sol? (fig. 5). Són preguntes legítimes i interessants que poden donar lloc a ACE –per tant, assequible a les capacitats l'alumnat– adreçada a construir una resposta satisfactòria que arribi a ser compatible amb la ciència escolar.



Figura 5. Estudi del moviment diari del Sol, determinant la seva posició al cel mitjançant una semiesfera astronòmica. (J.M. Faro)

Encara que pugui semblar estrany, no abordem l'estudi del canvi químic a partir de l'àtom i els enllaços, sinó des de l'observació d'una flama i el seu comportament en diverses circumstàncies (fig. 6). No ho fem pas per frivolitat ni per ser originals, sinó per posar a l'abast de l'alumne els fenòmens químics, les substàncies i els canvis químics que té a l'abast, perquè els pugui raonar, gestionar i comprendre. De fet, és la via que els científics van recórrer en el seu moment per anar construint el que avui sabem de química.



Figura 6. L'aparició d'aigua, condensada en el vidre, ens fa pensar que l'ha produïda la flama, i que la parafina devia contenir l'element hidrogen.



Fig. 7. La combustió d'un fruit sec, amb abundant alliberament d'energia, es pot relacionar amb la funció energètica de la nutrició.

Seguint els passos de Faraday, l'estudi de la flama d'una espelma es pot realitzar de manera sorprenentment detallada utilitzant únicament mitjans escolars. Però un sistema tan simple com una espelma permet arribar a comprendre la naturalesa del foc i també de les combustions sense flama. Igualment permet analitzar diverses estratègies pràctiques per a l'extinció d'incendis. Finalment, al cremar un fruit sec (fig. 7) podem observar la gran quantitat d'energia que s'allibera, la mateixa que es deu alliberar durant la seva digestió en les cèl·lules del nostre cos, però a molta menys temperatura i amb un aprofitament molt superior, que ens resulta molt útil.

En definitiva, l'estudi de l'espelma i altres combustions (fonamentat en la química) ha permès treballar aspectes de l'extinció d'incendis (tecnologia) i de la nutrició (biologia) sense més problemes i de forma natural per a l'alumnat.

Les separacions massa estrictes entre disciplines no ajudarien a l'alumnat a comprendre el món ni a actuar-hi. La clau és donar prioritat a l'estudi **teòric de fenòmens** observables. Fixem-nos que l'estudi de la flama ha estat possible sense recórrer a la equació química del procés (gens senzilla, ja que la parafina és una mescla). Hi ha moments que el llenguatge químic és tan potent que, lamen-

tablement, pot deixar força arraconats els fenòmens als quals es refereix i la tasca es redueix a una manipulació de símbols sense gaire significat empíric.

En aquesta línia, hem optat per abordar l'estudi de l'energia a partir d'un parc d'atraccions i dels castellers, l'electricitat a partir del llamp, la Terra a partir dels sismes, les zones climàtiques a partir dels moviments aparents del Sol, la vida i les funcions vitals a partir d'un seguit d'espècies amb diferents formes d'organització, i l'ecologia a partir de la possible introducció del llop en un espai natural.

Els problemes quotidians són multidimensionals per naturalesa. Voler abordar-los sense tenir en compte tota la seva complexitat, no seria raonable i constituiria un altre escull per a la ciència escolar.

L'ALUMNAT FA INFERÈNCIES O LES FA EL PROFESSORAT?

Així, implantar la fracturació hidràulica en un territori concret o bé optar per energies alternatives és un tema polèmic perquè involucra arguments econòmics i ecològics molt potents i complexos. Com en altres casos, en aquesta ACE no es tracta només de trobar la millor decisió, sinó de fer-ho de manera raonable, sospesant **tots els arguments**. Per a això, cada grup d'alumnes recull tota mena d'informacions i dades sobre el tema i les escriu en targetes de dos colors: un per a factors referits a la fracturació i l'altre per a l'opció alternativa. Llavors es col·loquen sobre una taula dividida per una línia. Com més potent és cada factor (perquè involucra molta gent, molts diners, són molt intensos o molt duradors) més separat es posa de la línia central (fig. 8). Això requereix diàleg i argumentació fins arribar a un cert consens dins del grup. Comparant-ho amb una palanca, es tracta de determinar cap a quin costat vencerà. Després, tenint en compte el pes atribuït a cada factor, podran argumentar formalment la seva decisió final i proposar mesures mitigadores per als efectes negatius previstos.

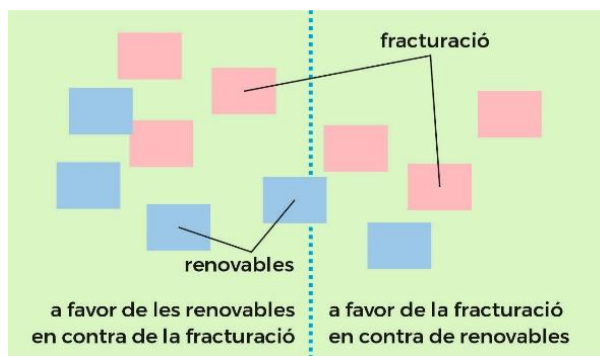


Figura 8. Possible disposició de les targetes mentre es sospesen factors favorables o contraris a cadascuna de les dues opcions. Cada targeta representa un factor a tenir en compte.

Les inferències són també necessàries en la construcció de conceptes científics. Pensant de quina manera podem donar i prendre energia cinètica a una pilota de ping-pong (fig. 9) tot bufant-la, en aquesta ACE arribem a establir que la transferència d'energia és més gran com més gran és la força i més gran la distància en la qual està actuant. En diem transferència d'energia en forma de treball i constitueix una primera concepció, qualitativa, de treball. Fixem-nos que primer construïm el concepte i només posteriorment **l'anomenem**.



Figura 9. Bufant una pilota de ping-pong, l'alumnat pot construir el concepte físic que anomenarem 'treball'.

Un tractor llaurant amb diverses relles (fig. 10), consumeix energia que es pot mesurar, provisionalment, en volum de combustible consumit. Proposem de comparar l'energia en diversos casos: si fa un solc de 100 m, 3 de 100 m, 1 de 300 m, 3 de 200 m... El resultat és que l'energia transferida al terra en forma de treball es pot calcular multiplicant la força per la distància i escriure-ho com a fórmula, utilitzant-hi les unitats pertinents.



Figura 10. Pensant sobre un tractor llaurant amb diverses relles, l'alumnat pot construir la concepció quantitativa de 'treball'.

Els exemples anteriors mostren que és possible crear les condicions perquè els alumnes puguin arribar a fer les inferències necessàries per avançar en la construcció del coneixement científic i la seva aplicació. Però ha de ser fruit d'una **seqüència** ben estructurada de l'ACE, pensada per anar solucionant un per un tots aquells obstacles importants que per experiència sabem que aniran apareixent. Si volguéssim substituir tot aquest procés per raonaments conceptuals del professorat o de llibres de text, ni hi involucraríem tant l'alumnat ni aconseguiríem un aprenentatge tan ric. Toparíem amb un altre escull.

Un altre aspecte remarcable és la forma d'utilització del **llenguatge**. Aquestes seqüències no només constitueixen unes llargues converses sobre fenòmens, orientades a la construcció del coneixement, sinó que també generen noves formes de llenguatge: paraules, signes, fórmules, formes de representació variades (fig. 11): targetes que ajuden a pensar, diagrames, equacions, mapes conceptuals, esquemes, vectors...



Figura 11. Dos braços sostenen l'ampolla. Mentre que les seves components horitzontals es compensen, les verticals es sumen per compensar el pes de l'ampolla. La representació de components inicial, feta amb dits, donarà pas a la seva representació vectorial formal. (Canal 33)

Totes les innovacions que cal introduir en el llenguatge (entès en sentit ample, com a representació i discurs) tenen la mateixa finalitat: **fer-lo més àgil...** al preu de fer-lo **més especialitzat** i menys comprensible per als no iniciats. L'evolució del llenguatge de l'alumne de mica en mica el va acostant al de la comunicat científica. Acadèmicament hi ha el costum de començar una exposició definint els termes, però això només té sentit quan els interlocutors ja han construït el coneixement involucrat. En cas contrari, com sol succeir a tot l'ensenyament bàsic, cal passar del fenomen al concepte i, només posteriorment, a la seva formalització. No tenir-ho en compte resulta un escull important per a l'alumnat.

REGULEM LA TASCA AMB IMPLICACIÓ DE L'ALUMNAT O ÉS NOMÉS FEINA DEL PROFESSORAT?

És habitual que el professorat reguli les activitats didàctiques des del seu coneixement de la ciència. És ell qui estableix què està bé i què no ho està. Però l'alumne, que encara no domina el coneixement científic, no pot fer-ho ell mateix, no es pot autoregular així. Per tant, ens hem de preguntar com fer possible l'**autoregulació** dels aprenentatges, imprescindible per a una ACE genuïna.

Hem deixat estona perquè els dos termòmetres estabilitzin la seva temperatura: un té el bulb envoltat de paper eixut i l'altre de paper moll (fig. 12). Els

alumnes consideren que si tot és a la temperatura ambient, haurien de marcar el mateix. Però finalment és clar que marquen diferent. Els alumnes estan confusos.

El professorat pregunta si el paper moll seguirà moll. Estan d'acord que s'anirà assecant. Els pregunta si farà falta energia perquè això passi. Estan convençuts que sí, que cal portar-hi energia per evaporar l'aigua. Després la pregunta es dirigeix a saber qui hi deu aportar l'energia necessària. Acorden que ha de ser el termòmetre humit. És per això que marca menys!

Un altre dia, especialment boirós i humit, repteixen l'experiment. Però ara els dos termòmetres marquen gairebé igual! En què quedem? La profesora els farà estudiar la possibilitat que amb tanta humitat, una part del vapor pugui tornar a condensar mentre una part de l'aigua s'evapora. Van entenent que la diferència entre els dos termòmetres depèn sobretot de si la humitat és alta o baixa. Han entès el funcionament del psicròmetre.

Analitzem què ha passat en aquesta seqüència. En un primer moment troben un fenomen que no poden explicar, i això els genera insatisfacció. Quan no podem construir cap model mental satisfactori diem que ha fallat la coherència del nostre model mental, les peces no ens encaixen. Posteriorment arriben a trobar una explicació compatible amb el comportament del sistema; diem llavors que el model és **corresponent** amb la realitat. Finalment, allò que havien arribat a establir formalment els falla en un altre sistema, amb boira, aparentment semblant; direm que ha fallat la **robustesa** del model mental (fig. 13).

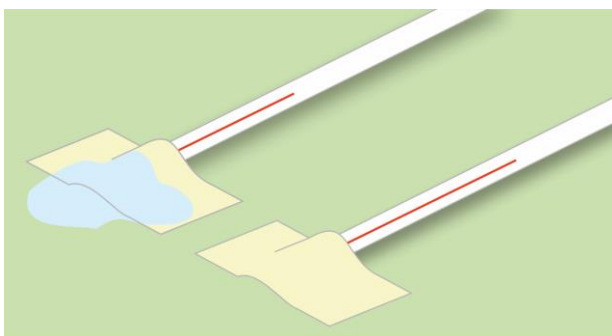


Figura 12. Tot es deixa a temperatura ambient, però els dos termòmetres marquen diferent.

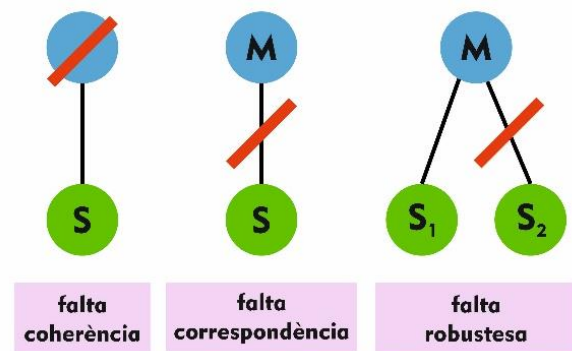


Figura 13. Les tres situacions insatisfactòries en què en sentim empesos a canviar el nostre model mental.

Hem vist que cada vegada que falla la coherència, la correspondència o la robustesa del seu model mental, l'alumne necessita canviar-lo perquè se li ha tornat **insatisfactori**. Per això **necessita aprendre**, tot revisant les entitats, propietats i regles involucrades fins que esdevingui satisfactori segons el seu propi criteri.

A partir del que afirmen els alumnes, la profesora construeix també el model mental que semblen utilitzar els alumnes i percep –igual que ells– el seu resultat emocional, satisfactori o no; busca l'empatia amb el sentir del grup. En funció d'aquests resultats, va dirigint la conversa cap a les **ambigüitats** que li obstaculitzen la reproducció correcta del model mental dels alumnes. Progressivament, entre tothom, el grup va trobant pel seu compte les respostes satisfactòries... que acaben sent les científiques! Amb les preguntes adequades, l'alumnat pot autoaprendre sense ser ensenyat de forma explícita pel professorat.

L'altra habilitat necessària del professorat és actuar tenint al cap les estratègies que ha dissenyat –o les que procedeixen d'un bon projecte– adequades per portar l'alumnat fins als models científics escolars mitjançant ACE. Això implica, sobretot, que a cada punt del camí –cada model mental que previsiblement es construirà– l'alumnat ja tingui disponibles en aquell moment les entitats, propietats i regles que els permetin la reconstrucció satisfactòria del model mental, puguin connectar-ho tot de forma adequada, i així puguin fer el pas endavant previst.

Fixem-nos que la primera explicació de l'alumnat quan esperaven temperatures iguals, era cohe-



Figura 14. Treball experimental en grup (J.M. Faro).

rent per a ells, satisfactòria... però no era científica. I que guiant-se pels resultats emocionals dels seus models mentals els alumnes poden anar millorant els seus models i acabar pensant científicament, sense que el docent els hagi aportat els raonaments necessaris. Això posa en mans de l'alumnat la capacitat **d'autoregular-se** de forma efectiva, una capacitat basada en el raonament de sentit comú.

El **treball en grup** (fig. 14), fent servir les tècniques més adequades a cada moment, és una bona eina perquè els alumnes puguin anar solucionant entre ells mateixos els petits entrebancs que puguin anar trobant.

L'autoregulació es pot referir a entrebancs concrets, nombrosos, que apareixen al llarg d'una ACE, i també a l'encaix entre les diverses –i per a ells, complexes– accions que han realitzat al llarg de la seqüència o de tota la unitat. Per ajudar-los a construir una narració satisfactòria de tot l'**itinerari** recorregut –que anomenem genèricament **base d'orientació**– disposem de diverses eines. Segons la finalitat que perseguim pot ser un mapa conceptual, una taula de resum, un mapa personal d'aprenentatges... (fig. 15 i 16)

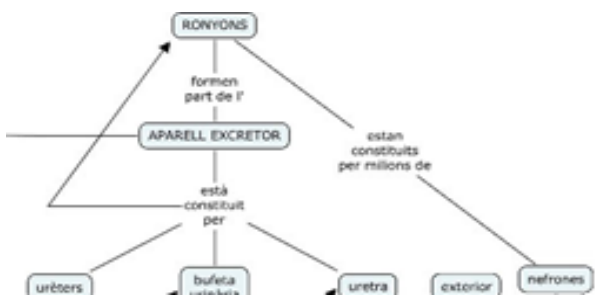


Fig. 15. Fragments corresponents a un mapa conceptual sobre l'aparell excretor.

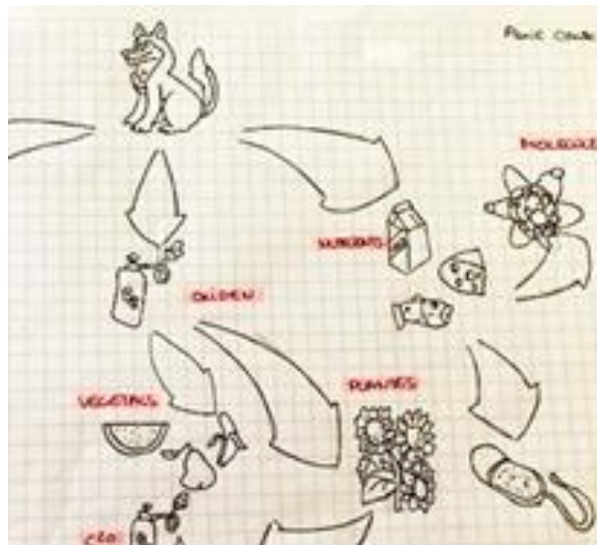


Fig. 16. Fragments corresponents a un mapa conceptual sobre ecosistemes.

Ignorar el potencial regulador del treball en grup i del raonament de sentit comú en el procés de modelització, i pretendre substituir-lo pel que diu la ciència –que els alumnes no poden utilitzar perquè encara no la dominen– és un altre dels esculls a evitar, perquè entorpeixen la progressió de l'alumnat.

EL PROJECTE 'CIÈNCIES 12-15'

El projecte 'Competències de Pensament Científic, Ciències 12-15' es va crear per exemplificar, a partir de la recerca didàctica, aquesta nova manera de considerar l'aprenentatge competencial de les ciències, evitant els quatre esculls exposats. Consta de nou Unitats Didàctiques (UD), tres per a cada curs de primer a tercer d'ESO, pensades per afavorir l'experimentació, el diàleg i l'argumentació, el compartir coneixements i, sobretot, el pensar; en definitiva, una ACE genuïna. En finalitzar, l'alumne ha de ser 'competent en pensament científic'.

De forma molt sintetitzada, el fil conductor és el següent.

A primer d'ESO ens centrem en el que hi ha a **l'Univers**. Al contemplar el món el primer que ens preguntem és com podem veure'l, com actua la llum i la seva relació amb l'energia. Observem que hi ha matèria i podem entendre la seva organització i determinar-ne la seva composició en base a certes propietats (UD1). Ens meravella la quantitat

d'aigua que pot caure en un ruixat i ens preguntem què ho fa possible i per què a l'hemisferi sud les estacions són contràries a les nostres. Aprenem a construir instruments meteorològics, a interpretar els mapes isobàrics i a fer-ne prediccions, i ens adonem de l'important paper de l'aigua en el nostre planeta (UD2). Un planeta que mostra una peculiaritat meravellosa: la vida. Investiguem com funciona, què ho fa possible, com gestiona la matèria i l'energia i com evoluciona des del seu origen (UD3).

A segon ens fixem en els **canvis**, les seves causes i els seus efectes. Estudiem la Terra, descobrim que és més activa del que semblava i podem trobar lògica a la distribució dels terratrèmols i els tipus de volcans (UD4). Comparant el diferent comportament d'una muntanya russa i d'un pèndol, anem comprenent el paper de l'energia i el de les forces, i ho utilitzem per assegurar que els castellers no es facin mal (UD5). El flux d'energia a l'interior d'un ecosistema serà clau per comprendre la seva dinàmica i així poder decidir raonablement sobre la conveniència d'introduir el llop en un entorn natural (UD6).

I a tercer abordem la **gestió dels canvis**. Els senzills experiments d'electrostàtica ens acaben conduint al fascinant món de l'electricitat, que ha canviat tant la forma de gestionar el nostre món (UD7). La flama ens porta a l'àtom químic, la sal de fruita als ions i als àcids, els elements a la taula periòdica, i la cuina a les proteïnes. Tot plegat, diverses formes de gestionar les canvis químics (UD8). I amb tot el que hem après a les unitats anteriors, abordem la complexitat del cos humà, com un exemple de bona gestió de l'energia (UD9).

A més de la seqüència central, hi ha **lectures** [1] optatives que, fent servir el coneixement construït, permeten veure el món d'una altra manera: dels focs d'artifici als colors de l'arc de Sant Martí, de la mort al terratrèmol del Japó del 2011, o des de la vida d'alguns científics als problemes ambientals.

Oferim activitats d'**aprofundiment** [2], també optatives, perquè alguns alumnes –no necessàriament els més destacats– les puguin treballar i després explicar als companys: d'Hipàtia d'Alexandria al litres per metre quadrat, de fer un arbre

genealògic a calcular quants pisos podem pujar o quantes fulles té un arbre, de conèixer el jurament hipocràtic a conèixer la relació entre les drogues i el cervell.

Tot el projecte és accessible a la xarxa en el nostre **web** [3] (fig. 17). El professorat amb un compte Xtec poden accedir a **materials** [4]: programacions, solucionaris, activitats amb orientacions per al professorat...

Durant el confinament per la Covid-19 hem preparat un llistat d'activitats del projecte que es poden fer perfectament a casa: **Fer ciència a casa** [5].

I també hi trobaràs la descripció del projecte i de les unitats, els objectius, l'estructura, diversos vídeos d'experiments, bibliografia i programacions per al professorat, recerques didàctiques relacionades amb el projecte...

Per tot plegat podem dir que un altre ensenyament de les ciències és possible. T'hi animes?

Projecte
Competències de pensament científic a l'ESO
Ciències 12-15

Generalitat de Catalunya
Departament d'Educació

URB
Universitat Autònoma
de Barcelona
Departament de Ciències
de l'Educació
Direcció de Ciències
de l'Educació

Inici El projecte Unitats didàctiques Recursos Professorat

competències de pensament científic a l'ESO
CIÈNCIES 12-15

Posem a la teva disposició aquest programa per aprendre ciències a l'ESO, dissenyat a partir dels resultats de la recerca actual en didàctica de les ciències.

L'activitat pròpia dels científics la fan els alumnes a l'aula, comptant amb els recursos escolars.

Partint de fenòmens rellevants, l'alumnat construeix coneixement científic escolar, tot adquirint les corresponents competències.

Un projecte que es basa en el sentit comú de l'alumne i les seves emocions per motivar-lo envers l'activitat científica escolar.

Figura 17. Pantalla d'inici del web del projecte 'Ciències 12-15'

NOTES

- [1] Selecció de lectures – Lectures optatives:
<https://cesire.cat/ciencies1215/recursos/seleccio-de-lectures/>
- [2] Activitats d'aprofundiment:
<https://cesire.cat/ciencies1215/recursos/activitats-dampliacio/>

- [3] Web Ciències 12 -15:
<https://cesire.cat/ciencies1215/>
- [4] Accés a recursos per al professorat – materials:
<https://cesire.cat/ciencies1215/professorat/acces-a-recursos-per-al-professorat/>
- [5] Fer ciència a casa:
<https://cesire.cat/ciencies1215/recursos/fer-ciencia-a-casa/>