



# L'autoregulació de l'aprenentatge en el projecte Ciències 12-15

Joan Aliberas Maymí  
Professor de secundària jubilat  
[jalibera@xtec.cat](mailto:jalibera@xtec.cat)

**Citar com:** Aliberas, J.(2026). L'autoregulació de l'aprenentatge en el projecte Ciències 12-15. *Ciències: Revista del professorat de ciències de primària i secundària*, (51), 553.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.553>

**Resum** • El raonament de sentit comú de l'alumne, connectat amb les emocions, pot jugar un paper clau en la regulació de l'aprenentatge de les ciències. Encara que sembli impossible, permet posar en mans dels alumnes bona part de les decisions cognitives i emocionals necessàries perquè puguin anar construint i millorant el coneixement científic escolar que estan aprenent i utilitzant. Per aconseguir que aquesta tasca els resulti assequible és clau que el professor utilitzi adequadament les forces cognitiu-emocionals que empenyen durant aquest procés d'aprenentatge. Descriurem la dinàmica d'aquestes forces que constitueixen un motor de motivació intrínseca de l'alumnat per abordar la construcció dels grans models teòrics de la ciència escolar. Quan impliquem els alumnes en activitats científiques escolars autoregulades, basades en l'experimentació, el llenguatge i la modelització, la classe esdevé més viva i més profitosa.

**Paraules clau** • satisfacció, insatisfacció, model mental, coherència, correspondència, autoregulació de l'aprenentatge, model teòric.

---

## Self-regulation of learning in the project Ciències 12-15

**Abstract** • The student's common-sense reasoning, connected to emotions, can play a key role in regulating science learning. Although it may seem impossible, it allows students to make a large part of the cognitive and emotional decisions necessary to build and improve the school scientific knowledge that they are learning and using. To make this task affordable for them, it is key that the teacher adequately uses the cognitive-emotional forces that are pushing during this learning process. We will describe the dynamics of these forces that constitute an engine of intrinsic motivation for students to address the construction of the great theoretical models of school science. When we involve students in self-regulated School Science Activities, based on experimentation, language and modelling, the class becomes more lively and more profitable.

**Keywords** • satisfaction, dissatisfaction, mental model, coherence, correspondence, self-regulation of learning, theoretical model

---

## INTRODUCCIÓ

A l'article anterior d'aquest monogràfic, Izquierdo (2026) ha mostrat amb quina lògica s'ha elaborat el projecte Ciències 12-15 perquè permeti involucrar l'alumnat en una Activitat Científica Escolar genuïna –perquè la realitzen ells mateixos– a partir de proposar unes situacions d'aprenentatge basades en l'experimentació, el llenguatge i la modelització autoregulada com a via per a l'aprenentatge de les ciències tot fent ciència a la seva mida.

Cal que ens aturem un moment a concretar els mecanismes que connecten aquests tres aspectes, com es provoca la posada en marxa dels autoaprenentatges, i com funcionen els mecanismes d'autoregulació necessaris. En definitiva, quines són i d'on surten les forces que empenyen els alumnes en el seu aprenentatge i quina és la dinàmica que condueix a la motivació intrínseca.

A algú li pot semblar una forma gratuïta de complicar-se la vida perquè, en un enfocament tradicional, qui sap una cosa la pot ensenyar a qui no la sap i fer-li rectificar allò en què s'equivoqui. Pot semblar indiscutible, però resulta problemàtic quan es tracta d'aprendre continguts tan complexos i contraris a la intuïció com són els grans models de les ciències que els volem ensenyar. Quan l'alumnat ha de rectificar, com que encara no domina el model científic, pot fer esmenes que no comprèn i anar-les acumulant, amb el desengany que íntimament suposa i sense poder gaudir d'un aprenentatge que difícilment li resultarà aplicable a la seva vida. Així, les classes es fan llargues i difícils, poc connectades a la realitat, convertint-se en una prova de resistència que no tothom pot superar i que porta molts alumnes a abandonar la formació científica tan aviat com els és possible.

La didàctica de les ciències, una disciplina encara jove, ha avançat prou per poder oferir-nos eines per fer que els mateixos alumnes siguin els que prenen les decisions sobre què modificar –i com– del que creuen saber, fent servir una eina tan a l'abast com el raonament de sentit comú, que tothom utilitza quotidianament. Comprendre aquesta dinàmica resulta molt útil al professorat per

poder ajudar eficaçment a l'alumnat a superar les dificultats, sovint considerables, que van trobant quan tracten d'aprendre ciències.

## PENSEM SOBRE EL MÓN CONSTRUÏM-NE UNA CÒPIA MENTAL

Sabem que tots els organismes vius, fins i tot els més petits i primitius, estableixen una interacció constant amb el món amb la finalitat de sobreviure i, si pot ser, viure millor (Damasio, 2018). Es tracta d'un procés autoregulat –Damasio en diu 'homeòstasi'– que persegueix establir un cert equilibri dinàmic amb l'entorn. Es basa en l'avaluació constant de la situació, amb dos resultats possibles, que nosaltres anomenaríem 'satisfactori' i 'insatisfactori'. Una situació considerada satisfactòria convida a mantenir-la i si no ho és, empeny a rectificar-la per obtenir millors resultats. Per fer-ho possible només cal percebre dades de l'entorn i poder respondre-hi amb una acció adequada. En el cas humà, l'avaluació que fem d'una situació ens genera un estat emocional *satisfactori* o *insatisfactori*, dues emocions oposades que ens empenyen a fer accions diferents.

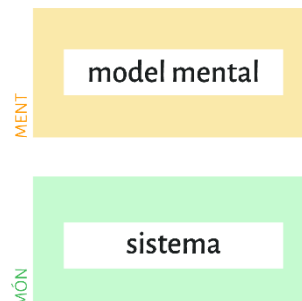


Figura 1. Per pensar sobre un sistema, construïm un model mental que en reproduïx el funcionament a la ment.

Com que la ciència aporta coneixement sobre el món, el que passa al món ha de ser la principal referència a la classe de ciències (i no tant el llibre de text o les teories científiques, que aporten referències indirectes al món). Per sobreviure i progressar en aquest món ens és imprescindible conèixer i preveure el funcionament de determinats sistemes reals que considerem d'interès en la nostra societat. Per aconseguir-ho, construïm una còpia mental del sistema real que ens interessa i hi incorporem el que sabem sobre el comportament dels seus components i així poder preveure com

evolucionarà. Aquesta construcció mental l'anomenem *model mental* (Figura 1) i ens permet pensar sobre aquell sistema o altres de semblants. En construïm contínuament i sense esforç aparent per relacionar-nos amb la realitat i mantenir-hi un cert equilibri confortable. Aquest equilibri s'aconsegueix (Figura 2) tant intervenint-hi físicament com percebent el sistema i potser també el seu comportament.

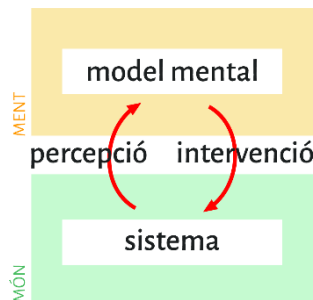


Figura 2. Les intervencions que fem sobre el sistema i el què en percebem ajuden a construir i ajustar el nostre model mental.

Posarem un exemple. A classe tenim una espelma encesa sobre cada taula i preguntem què passaria si la tanquem dins d'un vas de vidre que li posarem al damunt, descansant sobre la taula. La majoria d'alumnes preveuen encertadament que la flama s'apagarà per falta d'aire. Si els ho fem argumentar, veurem que el seu model mental (Figura 3a) consta d'una espelma (entitat) encesa ( propietat) que necessita aire (entitat) per mantenir-se encesa (aplicació d'una regla). Quan hi posem (Figura 3b) el vas de vidre (entitat), que no deixa passar gasos (propietat), l'aire no podrà arribar a la flama (hem aplicat la regla) i s'apagarà (aplicant una altra regla). El model mental que individualment han construït conté relacions causals que permeten reproduir satisfactòriament el comportament del sistema en diverses condicions: amb el vas o sense.

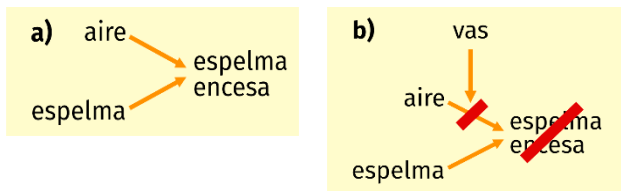


Figura 3. Representació del model mental de l'espelma encesa, mostrant les relacions causals com a fletxes. a) L'espelma i la presència d'aire mantenen l'espelma encesa. b) El vas evita l'accés de l'aire provocant que l'espelma s'apagui.



Figura 4. Dins el vas, la flama es va apagant per falta d'aire.

És evident que no hem fixat l'atenció en altres aspectes: així, tot i que cal la taula per sostenir els materials necessaris, no la considerem rellevant en les interaccions causals que preveiem en el nostre sistema i per això no l'incorporem al model mental. Tampoc l'escalfor de la flama, la massa del got o la llei de la gravetat entre molts altres aspectes, tot i ser plenament conscients que hi són presents. Fixem-nos que tot i així el model mental ens ha estat útil per preveure el comportament del sistema.

Si després fem l'experiment (Figura 4) comprovarem que la nostra predicció era encertada. I aquesta correspondència entre la predicció feta amb el nostre model mental i el comportament real del sistema ens generarà un estat de *satisfacció* que ens conduirà a confiar en el que hi hem utilitzat (*entitats* -allò que hi ha al món-, *propietats* -allò que caracteritza cada entitat- i *regles* -comportaments de les entitats quan interaccionen-). Si el resultat fos *insatisfactori*, la necessitat de recuperar l'equilibri amb la realitat ens empenyeria a canviar el model mental en allò que consideréssim inadequat, és a dir, ens motivaria a aprendre i ens indicaria quin aspecte hauríem de modificar.

Per la manera limitada com es construeixen, els nostres models mentals no són "veritat" en el sentit fort del terme, sinó només aproximacions parcials a la realitat: tal com hem vist, només s'hi assemblen en certs aspectes –no en tots, doncs alguns no es tenen en compte– i només en un cert grau (Giere, 1988), un grau d'aproximació acceptable en el context escolar. El fet mateix que els models mentals i la realitat siguin de naturalesa diferent – mental i física– ja impossibilita que puguin ser mai

iguals, com una foto no pot ser mai igual del tot a la realitat tridimensional, però sí assemblar-s'hi prou (en certs aspectes i fins a un cert grau) per resultar útil per a segons què. Tot plegat ens situa en el marc d'un realisme moderat, no ingenu (Izquierdo i Aliberas, 2004) que ens recorda les limitacions inherents al coneixement humà, que no hem d'oblidar mai. Assumir un realisme moderat és com una injecció d'humilitat que ens vacuna contra els dogmatismes; un aprenentatge escolar important.

Com que la construcció i utilització dels models mentals per part dels alumnes són operacions mentals, estrictament personals i sovint poc conscients, el professor haurà de proposar activitats que permetin anar-los explicitant i discutint per poder arribar a un consens entre els alumnes i amb el professor sobre els respectius models mentals, anant acostant-los a les concepcions acceptades per la ciència.

## LA DINÀMICA I LA INTUÏCIÓ

La dinàmica és la part de la física que estudia la relació entre les forces i el moviment. És un coneixement important: sense la dinàmica newtoniana no haurien estat possibles els viatges espacials, per exemple. En l'aspecte educatiu és igual d'important –i útil– comprendre bé la dinàmica que empeny els alumnes a canviar els seus models mentals referits a sistemes reals, és a dir, a aprendre ciències. Entendre-ho resulta fonamental per al professor per poder regular els processos d'aprenentatge de l'alumnat perquè resultin productius.

Però abans d'entrar a descriure les lleis d'aquesta dinàmica, cal fer un advertiment. L'experiència docent ens diu que la dinàmica newtoniana resulta un dels temes més difícils per a l'alumnat encara que sigui a nivell elemental. Possiblement ho sigui tant perquè requereix encaixar molts coneixements (més d'una vintena, la meitat dels quals són contraintuïtius) com perquè el tema sembla trivial, ja que des de menuts estem acostumats a fer força i veure'n els efectes. Que per il·lustrar el principi d'inèrcia calgui acudir a sistemes poc comuns, com un llac gelat o una taula que bufa aire, ja fa sospitar que no deu servir per a sistemes més quotidians. Els alumnes tenen molt

clar que si no pedalen, la bicicleta s'atura, així que els sembla que no cal complicar-se la vida amb abstraccions estranyes –com el principi d'inèrcia– que semblen portar a resultats contradictoris amb la seva experiència.

Sospitem que aquestes dificultats són comparables a les de comprensió de la dinàmica dels models mentals. Tothom ha raonat sobre sistemes i tothom ha mirat de fer encaixar el que sabem. Llavors pot semblar superflu i tediós conèixer el que hi aporta la recerca didàctica. Tant en el cas de les forces com en el dels models mentals no avançarem si no ens prenem seriosament les regles del joc que s'estableixen –que potser van contra la intuïció– per aplicar-les amb rigor científic. La dinàmica newtoniana afirma que una paret fa força contra un objecte que hi topa, mentre que la intuïció dels alumnes sembla atribuir la capacitat de fer força només a objectes mòbils. Aprendre física passa, aquí, per donar al terme 'força' el significat adequat. Per tant, perquè sigui possible el rigor és molt important donar als termes el significat estricte que científicament se'ls atribueix. Massa sovint, al presentar innovacions en sessions de formació del professorat, sentim expressions com 'sí, és el de sempre' o 'sí, és el que ja fem', anul·lant així el valor d'una innovació i la possibilitat que els porti alguna cosa. Tinguem-ho en compte quan a l'apartat següent apareguin termes com 'coherència', 'correspondència' i 'robustesa', amb un significat precís, diferent de l'habitual, com passava amb el terme 'força'.

## DINÀMICA D'UN MODEL MENTAL

De vegades ens pot semblar que els nostres alumnes són especialment tossuts mantenint idees equivocades. Però els models mentals que construïm per entendre certs sistemes no són uns constructes rígids, sinó que els podem fer evolucionar tot procurant que se'ns tornin més satisfactoris. Crida molt l'atenció l'aparent facilitat amb què fem evolucionar els nostres propis models mentals quan cal, una observació fàcil de fer a classe quan veiem els nostres alumnes canviar ràpidament d'opinió a partir del moment que els genera insatisfacció. De la mateixa manera que les tres lleis de

Newton descriuen la relació de les forces amb els seus efectes, hi ha també tres lleis que governen la modificació dels models mentals, és a dir, la seva dinàmica, tal com la descriu el model ONEPSY (Ontological, Epistemological and Psychological, Gutiérrez, 2001). Es tracta de tres tipus d'alarma que d'una manera molt automatitzada i aparentment senzilla ens empenyen a introduir canvis en el nostre model mental, en un procés alhora cognitiu i emocional. Són aquestes:

1. Si davant d'un sistema no som capaços de comprendre el seu funcionament i de preveure'n l'evolució, salta l'alarma. Vol dir que no hem estat capaços de connectar causalment les entitats que creiem que hi intervenen i no hem pogut construir un model mental capaç de reproduir mentalment el funcionament del sistema (Figura 5). Quan no podem construir el model mental del sistema, parlem de manca de *coherència*. Arribats a aquest punt, cal explicar d'on prové aquest terme. Els humans tenim una confiança molt intensa en el principi causal: estem molt convençuts que si passen coses és perquè hi ha causes que les provoquen. No trobar les causes que intervenen en un sistema significa una fallada en aquest compromís amb el principi causal. Llavors podem dir que falla la *coherència* del nostre intent de model mental amb el principi causal. Si davant d'un experiment preguntem a l'alumnat per què passa tal cosa i no ens saben respondre, hem d'interpretar que no són capaços de construir-ne un model mental satisfactori: al seu model mental li manca *coherència* i no s'ha pogut completar perquè resulti operatiu. Això els situa en un estat d'insatisfacció que necessiten solucionar. És el moment oportú per ajudar-los a establir o completar les cadenes causals.

2. Quan hem aconseguit elaborar un model mental d'un sistema el farem servir per generar una simulació mental de la seva evolució. Però si l'evolució prevista no coincideix amb l'evolució real del sistema (Figura 6) també salta l'alarma. Llavors diem que ha fallat la *correspondència* entre el model mental i la realitat. És el que passa a classe quan els resultats d'un experiment o d'una observació no són els previstos, generant insatisfacció amb el model mental, que necessita ser reconstruït.

És el moment de fer explícit les connexions causals que han previst i trobar la forma de reparar-les fins a recuperar la *correspondència* entre model i realitat.

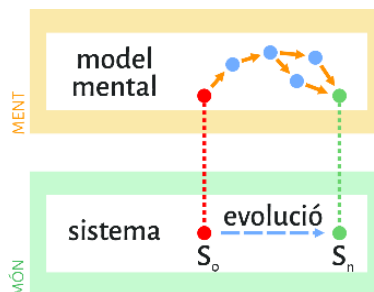


Figura 5. En el model mental, els cercles representen possibles estats dels components del sistema, les fletxes taronja relacions de causa – efecte i les línies puntejades connexió entre allò mental i allò real que representa. Si hem pogut construir un model mental que connecta causalment l'estat inicial del sistema  $S_0$  amb el final  $S_n$  el nostre model mental és coherent. Si l'evolució prevista pel model mental coincideix amb la real, el model mental és corresponent.

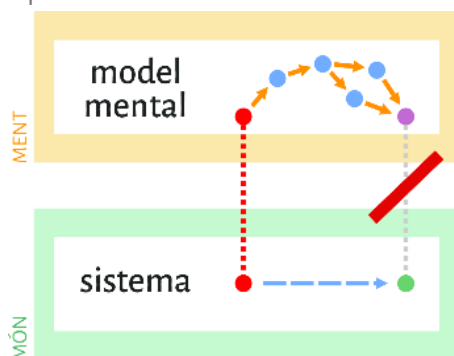


Figura 6. El comportament real no és el previst: el model mental no és corresponent. Aquesta insatisfacció empenyerà a reconstruir-lo.

3. Si ja tenim un model mental *corresponent* amb un sistema, el podem fer servir tal qual en un altre sistema que tingui la mateixa descripció causal, que creguem que es comporta igual. Però si l'evolució del segon sistema no és l'esperada (Figura 7), el model mental no es *correspon* amb la realitat i salta l'alarma de nou. Ara direm que ha fallat la *robustesa* del model mental, generant insatisfacció i la necessitat de reconstruir -lo per adaptar-lo a les peculiaritats del segon sistema, que exigiran una descripció causal diferent de la del primer. Un model mental *robust* és doncs, aplicable a diversos sistemes funcionalment prou semblants. Els elaborats a partir de concepcions científiques són particularment *robustos* i per això resulten tan útils i potents. És un dels principals

motius perquè ensenyem ciències als joves: perquè són àmpliament aplicables.

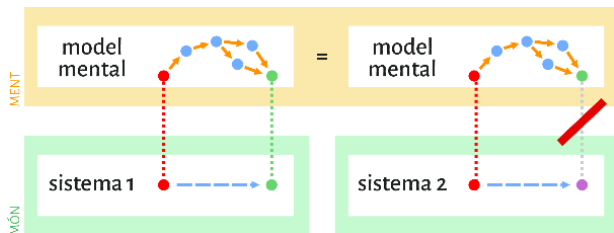


Figura 7. Dos sistemes 1 i 2 poden ser prou semblants funcionalment per interpretar-los amb un mateix model mental. Però si falla en el sistema 2, el primer model mental no ha estat robust i caldrà reconstruir-lo.

En definitiva, els models mentals que construïm ens permeten comprendre la realitat i establir-hi una relació confortable. No es tracta d'una connexió estàtica, sinó molt dinàmica: encara que no en siguem gaire conscients, constantment avaluem la *coherència*, la *correspondència* i la *robustesa* dels models mentals que elaborem. I només que falli un sol dels tres criteris es genera un estat d'insatisfacció, una emoció que ens empeny a reconstruir el model mental (revisant les entitats considerades, les propietats rellevants i les regles que ens hi semblen aplicables) perquè torni a resultar-nos satisfactori. Cal que el professor hi respongui procurant fer viable la reconstrucció dels models mentals dels alumnes des del moment que en perceben la necessitat, vetllant al mateix temps perquè es vagin acostant a les concepcions científiques.

## GENEREM DINÀMIQUES D'APRENTATGE

Vegem, doncs, com podem aprofitar tots aquests processos a l'aula per ajudar els alumnes a aprendre ciències. Ho mostrarem exemplificant-ho en la construcció d'una versió escolar del model cinètic de la matèria, tal com es proposa a la UD 1 del projecte Ciències 12-15 (Couso et al., 2023).

Construir un model científic escolar no sol ser fàcil, ja que habitualment implica anar en contra de la intuïció dels alumnes. Per això, és justificable organitzar les activitats en forma de *cicle d'aprenentatge* (Jorba i Sanmartí, 1994) constituït per quatre fases (Figura 8), cadascuna amb una funció molt determinada en el procés de construcció esco-

lar del coneixement per part de l'alumnat. Utilitzant la nomenclatura de la darrera reforma curricular (Generalitat de Catalunya, 2022), ho exemplificarem amb la construcció del model cinètic de la matèria:

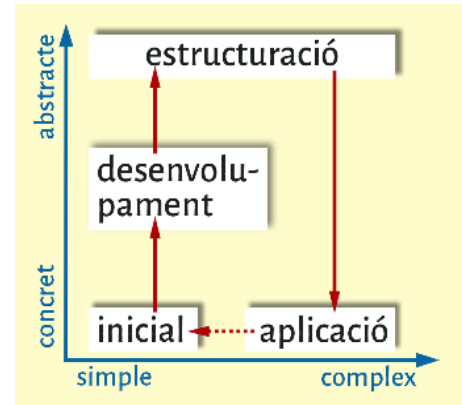


Figura 8. Les quatre fases del cicle d'aprenentatge comencen en situacions simples i concretes, avancen cap a l'abstracció, que permetrà aplicar-ho a situacions concretes però més complexes. Aquestes aplicacions poden constatar nous problemes que conduiran a començar un altre cicle per ser resolts. (Basat en Jorba i Sanmartí, 1994).

1. Fase *inicial*. Presentem a l'alumne diversos fenòmens per veure com els explica, amb la intenció que generi insatisfacció amb els seus models mentals inicials, habitualment poc científics. En el cas del model cinètic molts alumnes parteixen d'idees com que a les zones aparentment buides de l'aula no hi ha res (ja que no hi veuen res) o bé reconeixen que hi ha aire (perquè ho han après, però molts no saben com justificar-ho; d'altres el consideren el nom escolarment acceptable del no-res). Però tot plegat no els crea cap insatisfacció, així que caldrà provocar-la. Si els preguntem de què estan fetes les coses, poden arribar a formular la paraula 'àtom' o 'molècula', sense que els serveixi per interpretar cap fenomen; per exemple, perquè els gasos (o els líquids o els sòlids) tenen tots un comportament semblant, perquè podem comprimir un gas com l'aire però no un sòlid com el ferro, o perquè s'evapora l'aigua del terra després de ploure o de fregar. Com que no poden construir models mentals que expliquin aquests comportaments dels sistemes materials, ho viuen amb *insatisfacció*, en aquest cas per manca de *coherència*. És important que la insatisfacció sigui generada en un ambient no amenaçador, acollidor,

de col·laboració, que no penalitzi els errors sinó que els aprofiti per avançar.

2. Fase de *desenvolupament*. La insatisfacció generada porta a la necessitat d'aconseguir models mentals capaços d'interpretar diversos fenòmens. Això pot requerir la introducció de noves *entitats*, el fixar-se en noves  *propietats* o recórrer a noves *regles* que en regulin el comportament. En el nostre cas introduïrem l'entitat 'partícula' quan calgui referir-nos al que els científics anomenen àtoms, molècules o ions, sense precisar-los perquè encara no estan en condicions de poder fer-ho. Com a propietats de les partícules introduïrem, per exemple, la seva 'velocitat' (en termes semi-quantitatius serà suficient: molta, poca, més que...), igual que la seva separació (lluny, a prop, tocant-se, més juntes, més separades...), la seva naturalesa (d'aigua, de ferro...) i la seva capacitat (molta, poca, més que...) per unir-se o separar-se. Ho anirem introduint a mesura que la interpretació dels experiments ho requereixi. Per exemple, si amb una xeringa tapada poden comprimir aire, interpretarem que aconseguim fer apropar les partícules però si amb una massa de ferro no resulta possible, és senyal que les seves partícules ja es deuen estar tocant. Al preveure què passarà amb aigua, com que creuen que el líquid és un estat amb propietats intermèdies entre les d'un sòlid i les d'un gas, solen predir una compressió més gran que la del ferro i més petita que la de l'aire. Quan veuen que no la poden comprimir (Figura 9) el seu model mental, insatisfactori, s'ha de reconstruir: ràpidament assumeixen que les partícules de l'aigua deuen estar juntes, com les dels sòlids. Així, amb una sèrie ben pensada d'experiments es poden anar construint les regles que governen el comportament de sòlids, líquids i gasos. Amb aquest i altres experiments els alumnes aconseguen que les 'partícules' siguin unes entitats que els permeten construir models mentals satisfactoris, ja que saben interpretar els fenòmens en termes de partícules i comencen a conèixer algunes de les regles que regeixen el seu comportament: una capacitat que inicialment no tenien i que ara han après. Cada reconstrucció satisfactòria del seu model mental és un aprenentatge que els acostia al que pensen els científics, a més de resultar una experiència emocionalment positiva.



Figura 9. Una alumna s'esforça per comprimir aigua, tal com havia previst amb el seu model mental, però tot i l'esforç que hi posa no ho aconsegueix. Les emocions sempre hi són presents.

3. Fase d'*estructuració*. Quan el nou coneixement elaborat a l'aula ja ha arribat a un consens prou sòlid entre tots els participants, convé trobar la manera de descriure'l formalment i recollir-lo per escrit. Depèn del cas pot ser més fructífer esperar a tenir tots els aspectes aclarits o bé anar-ho formalitzant a mida que van quedant clars. En el cas del model cinètic, com que és una construcció complexa, hem optat per anar recollint els resultats a mida que es van obtenint. Així, durant la fase de desenvolupament es fan tres sèries d'experiments que impliquen els tres estats de la matèria: investigar si les partícules són juntes o separades, si tenen posició fixa o la poden canviar fàcilment, i què passa amb les partícules quan canvia la temperatura. Després de discutir el significat de cada experiment en termes de partícules, els alumnes consensuen com recolliran per escrit el que han après sobre sòlids, líquid i gasos, procurant que de cada estat hi aparegui una descripció prou nítida i sense contradiccions (Figura 10). El llenguatge utilitzat ja no fa referència a un cas concret ("les partícules de l'aigua estan tocant-se") sinó que, basant-se en la *robustesa* dels models mentals, parla de situacions genèriques ("en els líquids, les partícules estan tocant-se") que facilitaran la seva aplicació a altres sistemes concrets. No es tracta d'una inferència sense base, sinó que es justifica sobre la base que l'alumne no té motius per pensar que altres líquids s'hagin de comportar diferent i, en tot cas, compta amb l'aprovació del

professor, que sap que això és veritat, si més no en el grau d'aproximació de la ciència escolar.

	El que sabem (text)	El que imaginem (dibuix)
sòlids		
líquids		
gasos		

Figura 10. Quadre per recollir-hi el que es va descobrint sobre els tres estats (a dalt: text i dibuix; al costat: sòlids, líquids i gasos).

4. Fase d'*aplicació*. És el moment, doncs, d'aplicar el coneixement elaborat a altres situacions, començant per les més properes per anar-se'n allunyant. No només serveix per veure l'aplicabilitat –la robustesa– del coneixement elaborat, sinó també per donar a conèixer als alumnes els seus camps d'aplicació més rellevants, que s'afegeixen als que ja han anat veient amb els experiments i que també formen part del model cinètic. Per exemple, l'efecte Venturi que es pot observar bufant sobre un full de paper (Figura 11) es pot aplicar a comprendre com se sostenen els avions en vol. El model cinètic dels gasos permet explicar la pressió atmosfèrica i com funciona una ventosa, entre moltes altres aplicacions que apareixeran en altres unitats.

El cicle d'aprenentatge està pensat perquè l'alumne detecti insatisfacció amb les seves pròpies idees, hi busqui solució, les formalitzi i les apliqui. Reprodueix així, però a una escala més gran, l'ajustament més específic que es provoca quan el model mental de l'alumne li resulta insatisfactori,

que llavors l'ha de modificar –possiblement amb el suport del professor– formalitzar-lo i l'aplicar-lo. Mentre que un cicle d'aprenentatge dura hores de classe, un cicle d'autoregulació pot durar escassos minuts o segons i constitueix "l'estructura fina" (Gutiérrez 2001) del canvi més gran (Figura 12) i és el que fa possible avançar-hi.



Figura 11. Bufant sobre un full descobreixen l'efecte Venturi, que poden interpretar utilitzant el model cinètic.

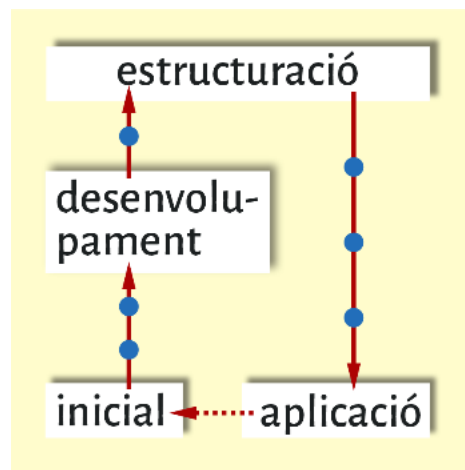


Figura 12. Un cicle d'aprenentatge constitueix un ajustament fet a còpia d'autoregulacions menors (aquí representades com a cercles blaus) per a poder continuar el camí satisfactoriament.

## ALGUNES CONSEQÜÈNCIES

La voluntat que els alumnes aprenguin ciències realitzant una veritable Activitat Científica Escolar (Izquierdo i al. 1999) conjuga molt bé amb fer-hi servir la dinàmica dels models mentals que hem

vist en el model ONEPSI. És una combinació que invita els alumnes a fer una veritable activitat científica al seu abast i els ajuda a superar les dificultats concretes que hi troben. Per una banda es convida els alumnes a fixar l'atenció en determinats fenòmens d'interès quotidià per intentar comprendre'ls, i per l'altra, el professor posa l'atenció en les interpretacions que en fan els alumnes, resultats dels seus models mentals. El professor, naturalment, ja sap si aquests models són o no compatibles amb les interpretacions acceptades per la ciència, però a diferència de la classe tradicional no els ho fa saber, sinó que opta per conduir cada alumne a crear insatisfacció amb el seu model mental, fent-lo adonar que vulnera alguna de les tres condicions, ja que és la forma de posar en marxa el canvi de model mental, és a dir, l'aprenentatge.

Perquè pugui trobar les entitats, les propietats o les regles que li cal revisar, el professor haurà de tenir previstos alguns recursos que hi ajudin: uns experiments, un paral·lelisme amb una situació semblant o alguna situació molt diferent però amb certs aspectes comparables (Figura 13) (en aquest monogràfic hi ha diversos exemples de *models auxiliars* a Calvo i Aliberas, 2026). Però al final són els mateixos alumnes els que aniran canviant els seus models mentals i ho demostraran descrivint-los i aplicant-los correctament. Tot plegat posa en mans de cada alumne els passos del seu propi aprenentatge i és per això que podem parlar d'autoaprenentatge, d'autoavaluació i d'auto-regulació.

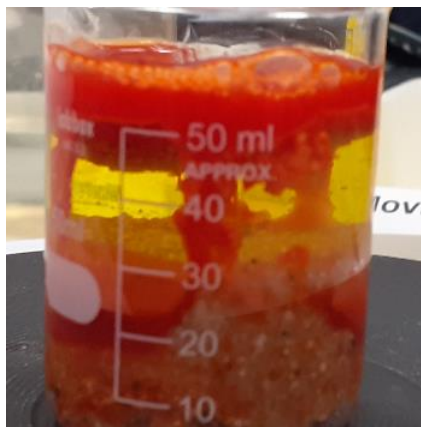


Figura 13. Una “erupció volcànica”, simulada amb cera, sorra i aigua amb colorant, constitueix un model auxiliar que ajuda a construir un model mental satisfactori d'una erupció real.

Una de les característiques de la classe de ciències tal com l'entendem en el projecte Ciències 12-15 és el paper central que hi juga el diàleg a l'aula, fins al punt que es pot descriure com una classe dialogada. Però si en una classe tradicional l'alumne sol fer preguntes que el professor contesta aportant coneixement, aquí es tracta que sigui el professor qui formuli als alumnes preguntes capaces de fer-los pensar i desencadenar els processos de reconstrucció dels seus models mentals, sent els alumnes els que, en darrera instància, aporten finalment el nou coneixement. Pot resultar sorprenent o absurd, però a l'aula és un procés que no només resulta viable, sinó motivador i fructífer. En involucrar les idees dels propis alumnes (no unes que desconeixen) en un ambient constructiu i acollidor (no amenaçador) i sotmetent-les a un procés alhora racional i emocional (i no únicament lògic o memorístic) són els alumnes els que volen jugar aquest joc de creació de coneixement, fent servir regles diferents de les tradicionals. El fet que les emocions hi tinguin un paper tan rellevant dona a les classes de ciències una vitalitat desconeguda en la rutina acadèmica tradicional; tant l'alumnat com el professorat solen apreciar-ho.

El diàleg a classe el podem comparar al diàleg entre un metge i el pacient adreçat a la diagnosi i la curació. El metge no sol fer preguntes a la babalà, sinó que escolta atentament cada resposta del pacient, i un cop l'ha analitzada des dels seus coneixements professionals, en formula una altra per aprofundir-hi, utilitzant sempre un llenguatge comprensible per al pacient, no el llenguatge especialitzat. Així pot anar concretant quin deu ser el problema, pas previ per trobar-hi solució. De manera semblant, no es tracta que el professor llenci preguntes “sobre el tema” sense relació les unes amb les altres, sinó que és molt més útil anar analitzant cada resposta en termes del possible model mental de l'alumne i utilitzar-ho per formular la següent pregunta –en termes comprensibles per a l'alumne, no en els de la teoria ONEPSY– per anar aprofundint en el coneixement del problema i anar orientant la solució. Exemples d'aquestes anàlisis es poden trobar a Aliberas et al., (2021). Que el professor, amb una escolta atenta, tingui en compte la resposta de l'alumne per centrar-hi la pregunta següent, referma el valor que es dona a

les idees dels alumnes i la consideració personal que reben. Per altra banda, la classe dialogada fa que la majoria d'afirmacions siguin revisades i qüestionades, situant permanentment l'esperit crític com a moll de l'os de l'activitat escolar.

Tots aquests fonaments han condicionat fortament l'elaboració de seqüències didàctiques en el nostre projecte. S'hi ha tingut en compte el coneixement científic escolar que volem ensenyar però també s'han previst les dificultats que per experiència sabem que troben els alumnes en el seu aprenentatge i la manera com els pensem ajudar a superar-les. Tant la gestió i anàlisi del diàleg a l'aula com el disseny de seqüències didàctiques les trobareu analitzades amb més profunditat a Aliberas (2012).

Al llarg del projecte Ciències 12-15, la reiterada construcció i reconstrucció de models mentals va conduint a l'elaboració de coneixement científic escolar organitzat en set grans grups de coneixements que anomenem models teòrics. Un *model teòric* és una manera específica de mirar el món, de representar-lo i d'interaccionar-hi. Cadascun d'ells el podem imaginar com un caixa d'eines que guardem a la memòria per recórrer-hi quan haguem de construir el model mental de determinats sistemes que hi considerem relacionats. Encara que cada component d'aquesta caixa d'eines el puguem tractar per separat, només tenen plenament sentit presos de manera conjunta. Tenint-ho en compte, podem dir que un model teòric està constituït no només per coneixements teòrics sinó també per diversos altres tipus de coneixement (Figura 14), concretament:

- entitats del món, amb les seves propietats
- regles de comportament de les entitats
- sistemes en evolució, fenòmens interpretats
- instruments, tècniques d'intervenció i d'anàlisi de dades
- regles de llenguatge, formes de representació

Al llarg de les nou unitats del projecte Ciències 12-15 es van elaborant i aprofundint set models teòrics, com a forma final del coneixement científic escolar, i que s'han definit a l'article anterior. Com es pot veure a la Figura 15, són creats inicialment en un punt del currículum i són aprofundits en

diverses altres intervencions. Cal dir que també s'utilitzen, sense modificar-los, en altres moments del projecte. Així, el model cinètic de la matèria s'introdueix, com hem vist, a la UD 1, és utilitzat a la UD 2 per comprendre els canvis d'estat de l'aigua, a la UD 3 es relaciona amb la matèria orgànica, a la UD 7 s'hi afegeixen les càrregues elèctriques i l'estructura de l'àtom i a la 8 es relaciona amb el canvi químic i les estructures de les substàncies. No cal dir que cada impuls que rep un model teòric ha de ser fet en el moment oportú i que, per tant, no és viable alterar-ne l'ordre.

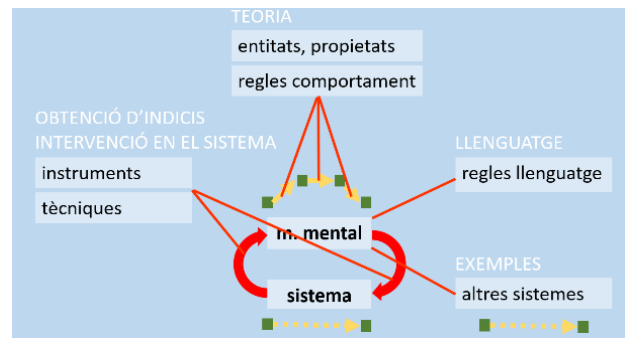


Figura 14. Un model teòric permet la interacció de diversos tipus de coneixement per conèixer i interpretar el comportament d'una colla de sistemes.

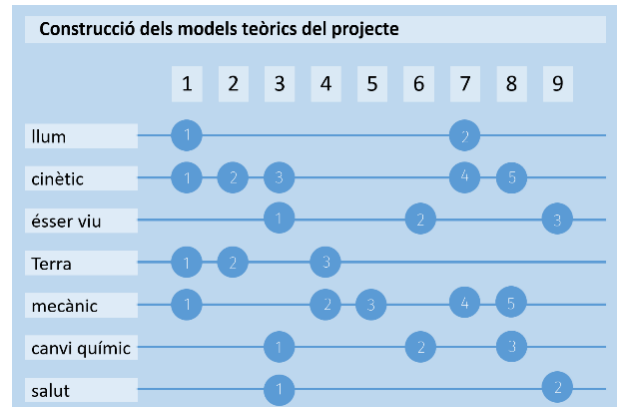


Figura 15. Els set models teòrics que es van aprofundir al llarg de les nou unitats del projecte. Cada impuls al model està numerat per subratllar que el seu ordre no és modificable.

En definitiva, la recerca en didàctica de la ciència ens aporta models i mètodes d'anàlisi innovadors. Tot i que primer poden resultar contrainditiu, a l'aula han resultat molt útils tant per ensenyar com per aprendre ciències i motivar els alumnes, sobretot en combinació amb Situacions d'Aprenentatge pensades per posar en marxa determinades dinàmiques d'autoregulació. És evident que aprendre a aplicar-ho a classe suposa

inicialment un esforç; però, igual que aprendre les lleis de Newton, acaba produint un canvi profund, productiu i emocionalment satisfactori en la manera de mirar les coses i d'intervenir-hi.

## BIBLIOGRAFIA

- Aliberas, J. (2012). *Aproximació als fonaments epistemològics i psicològics per al disseny i aplicació d'una seqüència de ciències a l'ESO*. (Tesi doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona). Dipòsit Digital de Documents de la UAB  
<http://hdl.handle.net/10803/117434>
- Aliberas, J., Gutiérrez, R. i Izquierdo, M. (2021). Identifying Changes in a Student's Mental Models and Stimulating Intrinsic Motivation for Learning During a Dialogue Regulated by the Teachback Technique: a Case Study. *Research in Science Education*, 51, 617–645.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-018-9810-z>
- Calvo, C. i Aliberas, J. (2026). Magma, volcans, roques... Una mirada a l'interior de la Terra sense moure'ns de l'aula. *Ciències: Revista del professorat de ciències de primària i secundària*, (51), 547.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.547>
- Damasio, A. (2018). *El extraño orden de las cosas*. Destino.
- Generalitat de Catalunya. (2022). *Decret 175/2022, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC), núm. 8762.  
<https://dogc.gencat.cat/ca/document-del-dogc/?documentId=938401>
- Giere, R.N. (1988). *Explaining science. A cognitive approach*. University of Chicago press.
- Gutiérrez, R. (2001). Mental models and the fine structure of conceptual change. Dins de Pintó, R i Suriñach, S. (Eds.) *Proceedings of the International conference Physics Teacher Education Beyond 2000*, Elsevier, p. 35-44.
- Izquierdo, M., Espinet, M., Garcia, M.P., Pujol, R.M. i Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 79-91.  
[https://www.researchgate.net/publication/283364116\\_Caracterizacion\\_y\\_fundamentacion\\_de\\_la\\_ciencia\\_escolar](https://www.researchgate.net/publication/283364116_Caracterizacion_y_fundamentacion_de_la_ciencia_escolar)
- Izquierdo, M. (2026). Bases cognitives i didàctiques del projecte Ciències 12-15. *Ciències: Revista del professorat de ciències de primària i secundària*, (51), 542.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.542>
- Izquierdo, M. i Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Servei de Publicacions UAB.
- Couso, D., Faro, J.M. i Aliberas, J. (2023). UD1 La gosadia d'explorar l'univers: Llunyà i alhora proper. [Unitat 1 – Material Didàctic]. *Ciències 12-15*.  
[https://ddd.uab.cat/pub/recdoc/2023/310534/UD1\\_La\\_gosadia\\_d\\_explorar\\_l\\_univers\\_-\\_novembre\\_2023.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/recdoc/2023/310534/UD1_La_gosadia_d_explorar_l_univers_-_novembre_2023.pdf)
- Jorba, J. i Sanmartí, N. (1994). La luz y las sombras. *Cuadernos de Pedagogía*, 221: 20-23