

# El projecte *Materials Science*: Disseny, implementació i validació d'unitats didàctiques sobre propietats dels materials establint vincles entre recerca i docència

**María Isabel Hernández** [mariaisabel.hernandez@uab.cat](mailto:mariaisabel.hernandez@uab.cat)

**Digna Couso** [digna.couso@uab.cat](mailto:digna.couso@uab.cat)

**Roser Pintó** (Coordinadora nacional del projecte) [roser.pinto@uab.cat](mailto:roser.pinto@uab.cat)

Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica ([crecim@uab.cat](mailto:crecim@uab.cat)) - UAB

*Es presenta una seqüència didàctica sobre propietats acústiques dels materials, resultat del projecte d'innovació i recerca Materials Science. Es detalla el procés de disseny de la seqüència didàctica, portat a terme per un grup de professors de secundària i d'investigadors en Didàctica de les Ciències.*

**Paraules clau:** seqüència didàctica (SD), acústica, propietats dels materials, innovació i recerca, col·laboració universitat–escola

## Introducció: el projecte *Materials Science*

En aquests temps de constant reflexió sobre les tasques que cal desenvolupar, s'endevina cada vegada més necessària una estreta relació entre el món de la recerca, el de la innovació i el de la docència. La comunitat de Didàctica de les Ciències sent sovint aquesta necessitat i, per això, considerem una qüestió primordial la cerca de mecanismes que garanteixin la col·laboració entre els àmbits de disseny i d'aplicació d'innovacions educatives.

Una de les iniciatives que ha procurat establir lligams entre aquests àmbits ha estat el projecte d'innovació i recerca *Materials Science* que involucrà sis universitats europees.

Els coordinadors nacionals del projecte a cada universitat van establir grups de treball entre professorat de secundària i investigadors en Didàctica de les Ciències (Figura 1), amb l'objectiu de desenvolupar seqüències didàctiques (SD) entorn de les propietats dels materials, que tinguessin un enfocament innovador i estiguessin basades en resultats de recerca. Considerem adient crear aquests grups de treball entre professors de secundària i investigadors per diferents raons:



**Figura 1.** Reunió del grup de treball MSB (*Materials Science* a Barcelona)

- a) Per una banda trobem oportú promoure la col·laboració i l'aprenentatge de tots els agents implicats. Tots els membres del grup comparteixen tasques de disseny d'activitats a la vegada que cadascú aporta el seu coneixement específic (els investigadors apropant els resultats de la recerca al professorat de secundària o proposant alternatives didàctiques, i els professors aportant el coneixement pragmàtic sobre les possibilitats i interessos de l'alumnat de cada nivell educatiu en els seus contextos escolars).

b) Per altra banda considerem necessari afavorir en el professorat el sentiment de "propietat o pertinença" del material dissenyat (Ogborn, 2002). Sol observar-se que quan en el disseny dels materials s'ha atorgat als professors només un paper passiu, durant la seva implementació a classe es produeixen transformacions d'aspectes clau de la innovació (Pintó, 2005).

Per tal d'avaluar l'eficàcia de la SD, durant la fase de disseny es van definir amb molt de detall els objectius que es pretenia que l'alumnat assolís. Després de la implementació de la SD per part dels sis professors del grup que participaren en el disseny, es van analitzar els resultats d'aprenentatge dels estudiants i, en base a les dificultats evidenciades en l'alumnat, es va procedir a refinar la seqüència. Aquest cicle iteratiu de disseny, implementació, avaluació i refinament de la seqüència es va portar a terme durant tres cursos escolars consecutius (2007-08, 2008-09 i 2009-10), obtenint com a resultat una SD dissenyada i validada sota criteris de recerca educativa.

Aquesta recerca va suposar:

- tenir en compte resultats de recerca existents sobre el tema (so i acústica) i sobre estratègies didàctiques en el disseny de la seqüència
- analitzar i avaluar sistemàticament les produccions dels estudiants (respostes als dossiers de classe, activitats de grup i exàmens)
- observar i analitzar la "posada en escena" de la seqüència (observacions de les sessions de classe) a través de les implementacions de cada professor
- comparar els resultats obtinguts per cada alumne amb els objectius esperats per a aquesta seqüència

Tot aquest procés es va fer per cadascuna de les diferents (tres) versions de la SD. Al final del projecte, els professors disposen doncs de materials innovadors, provats a classe i avaluats seguint alguns marcs de recerca educativa (Design-Based Research Collective, 2003), amb els quals se senten familiaritzats, i que consideren aplicables en diferents contextos.

### La seqüència didàctica: *Propietats acústiques dels materials*

En el nostre grup la SD dissenyada (Grup MSB, 2009) s'ha centrat en l'estudi de les propietats físiques i l'estructura interna dels materials reflectors i absorbents acústics amb l'objectiu d'analitzar la relació entre aquestes característiques i el compor-

tament acústic de diversos materials. Aquesta SD està adreçada a alumnes de segon cicle de l'ESO (14–16 anys).

El so és una àrea clàssica de la física, present a la majoria dels programes de ciències. La relació entre el so i la problemàtica de la contaminació acústica es tracta també en molts programes curriculars amb un enfocament CTS o de ciències en context. En el currículum de ciències de l'ESO, les ones, el so i l'estructura i propietats de les substàncies són continguts adreçats en el curs optatiu de Física i Química de 4t d'ESO.

El nostre propòsit era donar una altra dimensió a la seqüència: un enfocament tecnològic per introduir idees de Ciència de Materials en el pla d'estudis actual. La implementació d'una SD sobre Ciència de Materials representa un contingut innovador que implica un vincle entre la física i la química, ja que es tenen en compte algunes idees sobre estructura de la matèria (tema analitzat principalment des del punt de vista de la química) per tal d'explicar la propagació i l'atenuació del so (analitzat principalment des del punt de vista de la física).

Així doncs, el focus d'aquesta seqüència no és tant l'estudi de la naturalesa i de la propagació del so i de les característiques de les ones sonores (considerades prerequisits de la seqüència), sinó l'anàlisi dels fenòmens relacionats amb la interacció so-matèria (reflexió, atenuació, absorció) i de les propietats acústiques (densitat, porositat i rigidesa) i estructura interna dels materials absorbents i reflectors acústics.

L'objectiu d'aquesta seqüència no és només promoure una comprensió conceptual coherent dels diferents conceptes i models conceptuals tractats per part dels alumnes, sinó també potenciar el desenvolupament de diferents estratègies de raonament científic i habilitats d'indagació. També es pretén promoure actituds científiques i actituds positives vers la ciència entre els estudiants.

### Enfocament didàctic i context

És evident que l'enfocament didàctic d'una SD està estretament relacionat amb la visió que els seus dissenyadors tenen sobre el que consideren estratègies apropiades d'ensenyament i aprenentatge.

A continuació esbossem les dimensions i estratègies que es van tenir presents en el disseny del material:

#### **Contextualització en una situació problemàtica realista**

La seqüència exposa des de l'inici un problema que pot resultar proper als estudiants: un bar musi-

cal que s'ha d'insonoritzar i condicionar acústicament ja que està ubicat en un barri on podria molestar als veïns. Aquest context ha estat escollit com l'escenari de tota la seqüència que dona peu a plantejar preguntes que serveixen un doble propòsit:

- preguntar als alumnes sobre el que pensen de diferents conceptes tractats a la seqüència, i
- facilitar als alumnes la comprensió dels objectius de cadascun dels capítols i activitats de la seqüència.

### Enfocament tecnològic

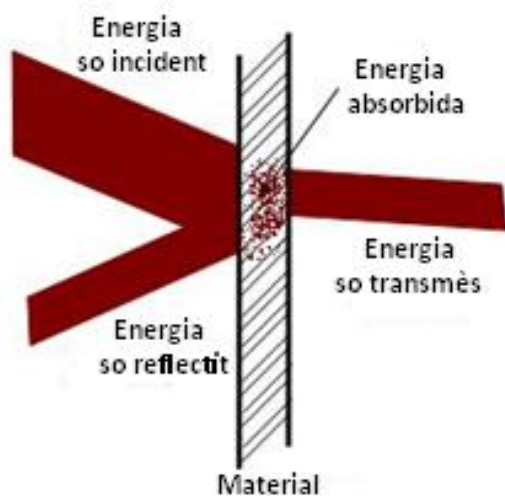
La seqüència té un enfocament tecnològic ja que tracta de fer que els alumnes entenguin la importància de buscar solucions per atenuar el so, en aquest cas utilitzant diferents materials.

Alguns dels materials escollits per ser estudiats al llarg de la seqüència són comunament emprats en el disseny de solucions constructives per aïllar i condicionar acústicament edificis (sales o habitacions destinades a l'audició de música amb finalitats molt diverses).

### Modelització com a estratègia de raonament científic

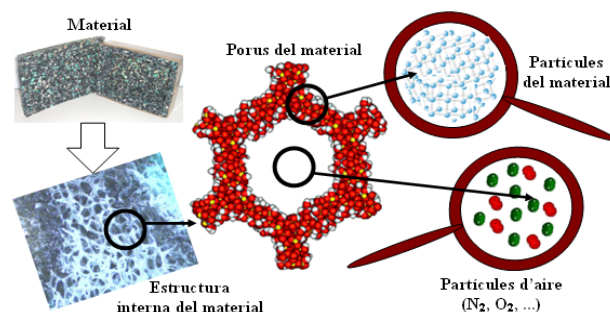
Concebem la construcció de models conceptuals com un procés necessari per organitzar el propi coneixement científic de manera coherent i transferible a altres situacions i, a més, per ajudar als estudiants a entendre la natura de la ciència.

La SD dissenyada ha estat estructurada al llarg d'un seguit d'activitats orientades a recolzar els estudiants en el seu procés de construcció i aplicació de tres models conceptuals entorn del comportament dels absorbents i dels reflectors acústics:



**Figura 2.** Representació de la distribució de l'energia del so quan aquest arriba a un material.

- Un *model d'atenuació del so en termes de l'energia*, per predir i explicar com es distribueix l'energia associada al so quan arriba a un material, segons quin sigui el comportament acústic del material (fig. 2).
- Un *model de material reflector acústic o absorbent acústic en termes de les seves propietats físiques*, per predir i explicar com s'atenua el so (per reflexió o absorció) quan arriba a un material segons siguin les seves propietats físiques.
- Un *model de material reflector acústic o absorbent acústic en termes de la seva estructura interna*, per predir i interpretar com certes propietats de l'estructura interna d'un material influeixen en la seva capacitat d'atenuar el so (fig. 3).



**Figura 3.** Representació d'una propietat (porositat) d'un material (poliuretà) a diferents escales.

### Indagació com a estratègia d'ensenyament i aprenentatge a la classe de ciències

La nostra perspectiva sobre la indagació a la classe de ciències no consisteix en associar-la a la necessitat de fer experiments on s'utilitzi intensivament un cert equipament. Per contra, considerem que l'essència de la indagació rau en les interaccions que es produeixen múltiples vegades en qualsevol període de classe quan els alumnes es qüestionen, quan plantegen preguntes al professorat i quan discuteixen entre ells per buscar solucions pròpies.

En definitiva, concebem la indagació com una estratègia per promoure una actitud "inquiridora" que comporta curiositat i pensament crític i per recolzar el procés de desenvolupament de models conceptuals.

### Ús de sensors

Algunes de les activitats de la seqüència consisteixen en tasques de treball experimental en què s'utilitzen TICs.

Els equips de captació de dades i els sonòmetres (fig. 4) s'han considerat eines adequades per a aquesta seqüència ja que faciliten la presa de da-

des en temps real, permetent dedicar-se ràpidament a l'anàlisi de les gràfiques del nivell d'intensitat sonora.

L'equipament escollit ens permet tant mesurar l'atenuació del so quan aquest incideix en diferents materials com caracteritzar el seu comportament acústic (com a reflectors o absorbents acústics).



**Figura 4.** Muntatge experimental (ordinador amb el software *Multilab*, interfície *Multilog*, sonòmetre i caixa de cartró folrada amb plaques de diferents materials).

5), excepte en el cas d'aquelles activitats que requereixen una reflexió individual o les de posada en comú amb tota la classe.



**Figura 5.** Grup d'alumnes realitzant un dels experiments de la seqüència.

## Organització estructural de la unitat didàctica

La seqüència "*Propietats acústiques dels materials*" s'ha estructurat en tres unitats principals, cadascuna amb les seves pròpies preguntes guia:

### Unitat A: Interacció so-material

- Problemes acústics d'una discoteca: Què li passa al so emès per l'altaveu quan arriba a les parets del local musical? Com és que la música que se sent fora del bar té menys volum que a dins?
- Com és que el so arriba a tots els racons de la pista de ball?
- Com podem aconseguir evitar sentir massa so fora del bar musical?

### Unitat B: Propietats i estructura interna dels reflectors i absorbents acústics

- Quines característiques ha de tenir un material per ser un reflector acústic? I un absorbent acústic?
- Com podem explicar que les propietats d'un material influeixin en el seu comportament acústic?

### Unitat C: Condicionament acústic i insonorització

- Comparem materials. Quin utilitzaríem per insonoritzar?

## Implementació de la unitat didàctica

Les activitats de la seqüència promouen que els estudiants tinguin un paper actiu a la classe i que col·laborin amb altres alumnes en petits grups (fig.

En el procés de disseny de la SD sobre "*Propietats acústiques dels materials*" van participar-hi sis professors de secundària de ciències. Els mateixos professors van implementar cadascuna de les versions del material, posant-se en relleu diferents estils d'ensenyament i de gestió d'aula.

El segon any del projecte, dos nous professors es van unir al grup i van experimentar a les seves classes de ciències amb els materials dissenyats. En definitiva, els materials han estat provats a quatre centres de secundària diferents i refinats durant tres cursos escolars consecutius. Més de 10 professors han implementat una part o el conjunt d'activitats de la seqüència a diferents nivells educatius (2on, 3er i 4art d'ESO).

No obstant això, l'avaluació i el refinament del material s'ha fet tenint en compte les dades recollides d'alumnat de 4t d'ESO. A partir dels resultats dels alumnes obtinguts després d'implementar la segona versió del material s'ha pogut evidenciar un canvi positiu respecte de la primera versió. No obstant, es necessita continuar amb la recerca en curs per tal de valorar l'eficàcia de la totalitat de la SD dissenyada.

## Consideracions finals

A més dels materials dissenyats en el marc d'aquest projecte, un dels resultats més destacables ha estat la gradual consolidació d'un grup de treball col·laboratiu entre investigadors i professors de secundària com a mecanisme per incorporar resultats de la recerca en didàctica de les ciències a les activitats escolars.

Ha estat enriquidor pel grup de recerca de Bar-

celona haver col·laborat amb diversos grups d'investigadors i professors d'altres països, discutint i consensuant metodologies de recerca per avaluar i validar seqüències didàctiques.

## Bibliografia

Grup MSB (*Materials Science* a Barcelona): Armengol, M., Cortijo, C., Couso, D., Hernández, M. I., Martos, R., Padilla, M., Pintó, R., Ríos, C., Simón, M., Sunyer, C. i Tortosa, M. (2009). *Propietats Acústiques dels Materials* [Material en línia]. CRECIM – UAB. [Data de consulta: 9 de febrer de 2010].

[http://crecim.uab.cat/index.php?option=com\\_content&task=view&id=76&Itemid=1](http://crecim.uab.cat/index.php?option=com_content&task=view&id=76&Itemid=1)

DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, Vol. 32, nº 1, pàgs. 5-8.

OGBORN, J. (2002). Ownership and transformation: "Teachers using curriculum innovations".

*Physics Education*, Vol. 37, nº 2, pàgs. 142-146.  
PINTÓ, R. (2005). "Introducing curriculum innovations in science: Identifying teachers' transformations and the design of related teacher education. *Science Education*". Vol. 89, nº 1, pàgs. 1-12.

---

## Agraïments

Volem agrair explícitament als professors participants en el grup de treball local del projecte Materials Science la seva inestimable col·laboració.

A més, volem agrair als investigadors Costas Constantinou i Hans Niedderer les seves contribucions al desenvolupament del material.

El projecte Materials Science ha estat finançat per la Comissió Europea, DG Research, Science & Society (S&S-16-042942).

M.I. Hernández ha rebut el suport del MICIIN sota el programa de beques FPU.