



Volaverunt, el *Capricho* núm. 61 de Goya. Un aiguafort on una dona, apareix levitant, com les bruixes. 1799

Ciència deshumanitzada?

El repte d'apropar la física a l'alumnat.

“El que s'escolta, s'oblida; el que es veu, es recorda; el que es fa, s'aprèn”
Confuci

Vivim actualment una manca generalitzada de vocacions científiques... per què? Podem fer-hi alguna cosa des dels centres escolars? Quina pot ser l'aportació del professorat de secundària i batxillerat? La ciència és “cultura”? L'article reflexiona sobre aquestes qüestions i ens mostra l'experiència de l'autor per apropar la física a l'alumnat de secundària.

La ciència no atrau l'alumnat. Sovint és vista com una disciplina freda, deshumanitzada i molt allunyada de la vida quotidiana, en especial la física i la matemàtica. Amb aquesta percepció, qui vol estudiar física o matemàtiques? Vet aquí, doncs, el problema: la manca de vocacions científiques i tecnològiques. Des dels centres d'ensenyament, i com a professors, podem canviar aquesta percepció de la ciència i estimular les vocacions científiques? Per descomptat que sí. Tant o més important que ensenyar uns continguts, és la visió i la motivació que els professors transmetem als alumnes, ja que la nostra actitud pot predisposar l'aprenent o bé a una actitud receptiva i, fins i tot, d'interès, o bé a una actitud de rebuig. És justament el convenciment que des dels centres de secundària es pot transmetre aquest interès i motivació per les disciplines científiques, la raó de ser d'aquest article.

Però fer transmissió de coneixements científics, no és només responsabilitat dels centres escolars. Aquesta és una necessitat de la societat en general, i la vida escolar no representa més d'un 9% de la vida de cadascun de nosaltres. Així doncs, sembla necessària la implicació de moltes altres institucions i la cerca de formes creatives per a l'alfabetització científica¹ de la nostra societat.

En els darrers anys, aquesta cerca de formes creatives està prenent molta força en l'àmbit de l'“aprenentatge de les ciències en entorns informals”. Amb aquesta locució es fa referència a l'aprenentatge de la ciència en entorns no necessàriament acadèmics², com els *School Labs* o *Science Centers*: centres de recerca o museus que ofereixen un programa especial per a les escoles sobre temes científics concrets, apropant la recerca a l'alumnat i possibilitant que l'aprenent experimenti per ell mateix³.

¹ American Association for the Advancement of Science, 1993; National Research Council, 1996

² Board on Science Education (BOSE), *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits* (2009) (http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12190)

³ Entrevista a Christian Sichau a la revista UAB Divulga, abril 2010.

Les “dues cultures” i el paper de la ciència en la societat

El 7 de maig de l'any 1959, a les *Rede Lectures de Cambridge*, el físic C. P. Snow va impartir una conferència titulada “The two cultures”, que posteriorment va ser publicada sota el títol de “*The Two Cultures and the Scientific Revolution*”⁴. Snow cridava l'atenció sobre el trencament de la comunicació i la incomprensió mútua entre les ciències i les humanitats,

Los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos, y como más representativos, los físicos. Entre ambos polos, un abismo de incomprensión mutua; algunas veces (especialmente entre los jóvenes) hostilidad y desagrado, pero más que nada falta de entendimiento recíproco. Tienen una imagen singularmente deformada y falseada los unos de los otros. Tan diferentes son sus actitudes que ni siquiera en el nivel afectivo aciertan a encontrar mucho terreno en común.

A més de científic, Snow era novel·lista i coneixia bé els dos móns. Ell mateix ens explica que sovint, després d'una jornada de treball entre col·legues científics es reunia a la nit amb literats, i al llarg d'aquestes convivències va anar veient que entre els dos col·lectius existia un problema greu de comprensió i comunicació. És el que ell va batejar com el problema de “les dues cultures”.

Snow analitza com s'havia arribat a aquella situació d'incomprensió mútua, en que els intel·lectuals de lletres s'havien apropiat del qualificatiu “intel·lectual” essent els altres merament “especialistes”.

Cuando oyen hablar de científicos que no han leído nunca una obra importante de la literatura inglesa, sueltan una risita entre burlona y compasiva. Los desestiman como especialistas ignorantes. Sin embargo su propia ignorancia y su propia especialización no son menos pasmosas. Muchas veces he asistido a reuniones de personas que, conforme a las valoraciones de la cultura tradicional, pasan por muy cultivadas, y que han expresado con verdadera fruición su incredulidad ante la incultura de los científicos. Una o dos veces me he visto provocado y he preguntado a la concurrencia cuántos de ellos eran capaces de enunciar el Segundo Principio de la Termodinámica. La respuesta fue glacial; fue también negativa. Y sin embargo lo que les preguntaba es más o menos el equivalente científico de: ¿Ha leído usted alguna obra de Shakespeare?

El text va tenir un impacte considerable i va crear polèmica. Particularment agressiva va ser la resposta del professor de la Universitat de Cambridge Frank R. Leavis. Leavis, tota una autoritat en el món de la crítica literària i editor de la revista “Scrutiny” (una de les revistes de literatura més influents del s. XX), havia situat la literatura com a pedra angular de la cultura anglosaxona. Per a Leavis, intel·lectualitat i literatura anaven de la mà. No és estranya, doncs, la dura i desqualificadora reacció d'aquest⁵:

Com a novel·lista [C. P. Snow] no existeix, no ha començat encara a existir. Ni sap el que és una novel·la.(...) Tensar es un art difícil, i demana formació i pràctica en alguna disciplina específica. Resulta una il·lusió patètica, còmica i amenaçadora per part d'Snow creure que pot aconsellar-nos sobre els assumptes que tracta.

⁴ New York, Cambridge University Press, 1959

⁵ “Two cultures? The significance of C. P. Snow”, New York, Random House, 1963

Per a Leavis, la noció d'intel·lectualitat i cultura era restrictiva. Per a ell, només podia ser catalogada d'activitat cultural aquella que impliqués un enriquiment de l'esperit, però no l'adquisició de nous coneixements, que només podrien formar part de la cultura si complementaven aquella experiència espiritual; en cas contrari es tractava només d'informacions, sense valor per si mateixes. Sostenia que calia no confondre cultura (llegir Shakespeare o Boudelaire, escoltar Bach o contemplar un Botticelli), amb informació (investigar l'estructura atòmica, l'evolució de l'univers o l'aparició de la vida a la Terra). Pensar que aquests coneixements són cultura, deia, era cosa de gent inculta.

Snow creia que amb el temps apareixeria una nova "tercera cultura" en la que ambdós móns serien capaços de comunicar-se. Han passat els anys i aquesta tercera cultura no ha aparegut. El que sí ha aparegut és un creixent nombre de membres de la comunitat científica que ha vist el valor i la necessitat de difondre la seva tasca, de fer arribar la ciència a la societat, i també d'un apropament entre la ciència, les arts i les lletres. Així, i per citar-ne tres de ben diferents, a Espanya han aparegut iniciatives com "Ciencia y sugerencia"⁶, "Cultura 3.0"⁷ o la revista "Mètode"⁸.



El Dr. Leavis arribant al matí per impartir el seu seminari, tal com el veia l'il·lustrador britànic Quentin Blake des de la seva habitació a Downing College, a Cambridge.

Avui, 50 anys després de la conferència d'Snow, tot i que s'han produït grans canvis socials, tecnològics i culturals, el tema segueix essent motiu de debat i reflexió. Un exemple de la seva actualitat el trobem en l'opinió del periodista i

⁶ Marcella Lieblich, *Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CSIC)*. Projecte que reuneix imatges de la ciència amb "suggerències" d'artistes plàstics i poetes. <http://cienciaysugerencia.es/>

⁷ Té com a propòsit establir a Espanya una nova manera de percebre la cultura, més enllà de les "dos cultures". www.terceracultura.net

⁸ www.metode.cat Revista de la Universitat de València.

químic Carlos Elias que, de manera molt dura, s'expressa sobre els intel·lectuals⁹:

Esta lucha de los intelectuales de letras contra los científicos no es nueva. Proviene de hace siglos, y lo novedoso es que cada día ambos grupos están más separados. Lo grave es que los intelectuales de letras ostentan el poder en el mundo actual, siendo unos «analfabetos científicos». Y ello condiciona sus decisiones políticas y económicas generando un futuro muy poco halagüeño.

O en un to més moderat, la visió del catedràtic de fisiologia animal i ex rector de la Universitat del País Basc, Juan Ignacio Pérez, que davant la manca d'alumnat en carreres com física o matemàtiques i en canvi, la gran demanda en medicina, infermeria, treball social o psicologia, considera que s'està donant un:

(...) enaltecimiento de un humanitarismo mal dirigido, que prima la atención a las personas. Esos valores no se asocian con la ciencia, que se ve como algo frío y alejado de los seres humanos

Conèixer la polèmica de “les dues cultures” pot ajudar-nos a entendre la construcció d'aquesta visió freda i deshumanitzada de la ciència. Una visió que s'ha anat construint ajudada per altres factors. Podríem citar, per exemple, les aplicacions militars que s'han donat a alguns avenços científics, o també la poca habilitat i interès de la comunitat científica per divulgar el coneixement i transmetre a la població la seva tasca. En definitiva, aquests i segurament d'altres fets, han anat conformant la imatge freda i negativa de la ciència i els científics, creant per exemple, l'estereotip del “científic boig”.

Com podem promoure l'interès per la física des dels instituts?

El nostre principal propòsit ha de ser fomentar la curiositat i la motivació dels estudiants cap a l'estudi d'aquesta “difícil” assignatura que és la física. Un aprenentatge efectiu comença amb motivació.

Esbrinar quins són els interessos de l'alumne i vincular-los amb la ciència no ha de ser massa difícil... trobem la ciència allà on mirem! Les pel·lícules, l'esport, la dansa, els coets... amb una mica d'habilitat podem fer atractiva l'explicació que, des de la física, es pot donar al voltant d'aquests interessos i, a partir del relat científic, guiar una activitat experiencial vinculada a la realitat.

Tenim al nostre favor que la física, tot i no atraure vocacions, és un bon reclam: forats negres, làsers, universos múltiples, capes d'invisibilitat... són elements que capten l'interès d'un gran públic, i constitueixen, de tant en tant, titulars de diaris i revistes. Per aquell que no és físic, aquests temes tenen una aura de màgia, de misteri, que els fa quasi sobrenaturals... i el misteri atrau. Com a físics no ens ha de satisfer que el misteri envolti aquests fenòmens, però de moment podem aprofitar-nos-en.

Hem de transmetre la passió per la física a les aules.

⁹ “La razón estrangulada”, Ed. Debate, 2008

Més enllà de fer un llistat de “problemes tipus”, solucionar un determinat nombre d'exercicis, acabar els temaris i donar resums i formularis, calen professionals que estimin la física i que la transmetin amb passió, conjugant-la amb experiències, referint-la a la vida quotidiana i provocant que l'aprenent reflexioni.

En aquest sentit s'ha expressat recentment Mari Carmen Gallastegui¹⁰, que veu com a vital transmetre l'entusiasme per les ciències, cosa, al seu parer, poc habitual entre el professorat de secundària i batxillerat:

No hemos sabido retener a los mejores en los colegios e institutos y si no se transmite esa pasión es muy difícil que los chicos opten por ellas

I també hem d'intentar combatre la visió utilitarista de la ciència. Sembla que hi hagi un cert menyspreu cap a aquells temes que “són teòrics”, que no tenen cap aplicació pràctica immediata. Paradoxalment, per vèncer aquest rebuig cal mostrar que la ciència, per teòrica que sigui, sempre ha estat útil. És absurd buscar què és útil i què no ho és en ciència. Espereu uns anys i aquell descobriment acadèmic aparentment tan allunyat de la realitat pot convertir-se en una eina d'utilitat quotidiana. En referència a aquesta visió utilitarista, Pedro Miguel Etxenike¹¹ afirma:

Hemos fallado a la hora de transmitir la Ciencia como una aventura intelectual y humana y hemos puesto demasiado énfasis en el utilitarismo más inmediato

Un recurs per explicar física: la levitació

Quines activitats concretes es poden fer des dels centres de secundària per tal d'atraure l'interès de l'alumnat cap a la ciència i en particular, cap a la física?

Com a exemple, explicaré una activitat duta a terme en diversos centres, que ha estat molt ben rebuda i ha despertat l'interès d'alumnes i professorat. Amb el nom “La màgia de la levitació” s'estructura una sessió que, usant la levitació com a fil conductor, fa un recorregut pel món de la mecànica, l'electricitat, les baixes temperatures i la superconductivitat. Es tracta, com hem dit abans, de captar l'interès de l'alumnat i de fer-lo pensar. L'activitat forma part actualment d'un dels mòduls oferts dins la iniciativa “*Physics! La física és divertida*”¹².

Qui més qui menys ha somiat en levitar. És un antic somni de la humanitat. Trobem la levitació en els àmbits més diferents i al llarg de tota la història: les levitacions de Santa Teresa d'Àvila, l'aiguafort *Volavérunt* de Goya, o les naus d'Star Wars.

¹⁰ Presidenta de la Fundació Basca per la Ciència (Ikerbasque) i catedràtica d'economia de la UPV

¹¹ Premi Príncep d'Astúries d'Investigació Científica i Tècnica i director del Donostia Internacional Physic Center

¹² www.physics.cat Iniciativa per apropar la física actual als centres de secundària de Catalunya a través de conferències participatives que s'ofereixen als centres educatius.

A partir d'aquest fenomen atractiu i envoltat d'un cert misteri, hem construït una activitat divertida i motivant per aprendre física. L'activitat consisteix, en essència, en mostrar experimentalment diferents tipus de levitació: amb imants, amb corrents induïts, amb el corrent d'aire d'un assecador de cabell, etc... i sobretot la que ho fa més espectacular, amb superconductors. Explicacions i demostracions pràctiques s'alternen fent participar l'alumnat.

Dues formes de desenvolupar l'activitat

Una primera manera de fer l'activitat és la que anomenem *generalista*: fem una mirada a diferents maneres d'aconseguir la levitació, presentant els superconductors com una eina més per aquest propòsit, però sense centrar-hi tota l'atenció. És una forma molt adequada per a cursos d'ESO en que l'alumnat té encara pocs coneixements de física. La segona forma, és la que podríem anomenar *centrada en la superconductivitat* en la que dirigim tota l'activitat a explicar què són els superconductors i com s'aconsegueix amb ells la levitació. Aquesta modalitat és molt adequada per a estudiants de 2n de Batxillerat, que ja tenen uns coneixements suficients d'electromagnetisme.

A) Enfocament generalista.

Permet relacionar els continguts de la sessió amb diferents àmbits de la física. Aquest desenvolupament proporciona un ampli i suggerent ventall de temes per a treballar amb l'alumnat després de la sessió, com els proposats a continuació.

1. Fent una petita cerca històrica trobarem mites i llegendes on apareixen levitacions. Podem veure també la levitació en còmics i pel·lícules actuals, personatges amb poders (mags, sants,...), naus extraterrestres o del futur, etc. Aquestes observacions ens permeten introduir reflexions sobre aspectes directament relacionats amb la ciència i la societat:

Aparició del mètode científic i naixement de la física actual
Ciències i falses ciències
L'interès social de la recerca a través de les aplicacions dels superconductors

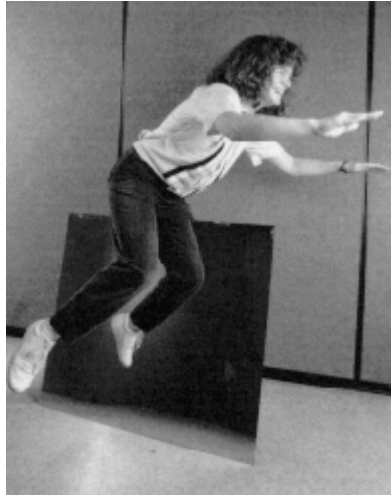
2. A partir de l'observació d'una pilota levitant per acció d'un corrent d'aire es poden suggerir també moltes preguntes: com s'aguanta la pilota de ping-pong damunt el flux d'aire d'un assecador de cabell? Pot lliurar-se un objecte de l'atracció gravitatòria? Poden fer-se pantalles per evitar el pas de la gravetat, com la "cavorita" d'H. G. Wells? A l'espai interestel·lar, no hi ha gravetat?...

Així a partir d'aquest tipus de levitació es poden treballar temes de mecànica inclosos en els temaris d'ESO i Batxillerat, com són les tres lleis de Newton, la llei de gravitació universal o conceptes bàsics de fluids.

3. Observant la levitació que podem aconseguir amb imants, amb la força electrostàtica, amb l'ús del Levitron o amb materials diamagnètics, podem treballar temes d'electrostàtica i magnetisme. En particular, jugant amb la levitació electrostàtica, se'ns obren les portes a treballar molts aspectes de

l'electricitat, alguns dels quals, gràcies a la pràctica podrem experimentar directament:

- La càrrega elèctrica com a propietat física i el seu signe
- La llei de Coulomb, si més no qualitativament
- La conductivitat dels materials: els conductors i els dielèctrics
- La conductivitat de l'aire. Com depèn de la humitat ambiental?
- Càrrega dels cossos per fregament i per inducció
- Què és un llamp?
- Diferència entre potencial i intensitat
- Què és un generador Van der Graaff



L'alumna levita!

4. Es poden introduir també temes d'òptica, fent ús d'imatges d'objectes obtingudes amb miralls i que semblen levitar, amb documentació gràfica de miratges, etc.

5. Fer una introducció al fenomen de la superconductivitat a través de la levitació que s'aconsegueix amb superconductors. Aquesta levitació és especialment espectacular, per la seva estabilitat i també pel fet d'haver d'usar nitrògen líquid, que sempre resulta molt atractiu. A través de la levitació amb superconductors podem fer reflexionar l'alumnat sobre una sèrie de conceptes relacionats:

- La relació entre la conductivitat dels materials i la seva temperatura
- Les limitacions de la Llei d'Ohm
- Noció de superconductor
- Conèixer les aplicacions industrials, mèdiques,... dels superconductors

B) Enfocament centrat en la superconductivitat.

En aquest cas segueixen essent vàlides totes les consideracions anteriors, però l'interès principal és que aquest enfocament de la sessió ens permet relacionar les experiències amb l'electricitat i magnetisme que l'alumnat ha estudiat a 2n de Batxillerat. Així, podem relacionar els continguts de la sessió

amb l'estudi de les propietats magnètiques dels materials (ferromagnetisme, diamagnetisme,...), l'electromagnetisme (flux, corrents induïts, llei de Lenz,...), la conductivitat elèctrica dels materials, la llei d'Ohm i les baixes temperatures així com també amb la important noció de canvi de fase.

La presentació també conté experiències amb els diferents tipus de levitació: levitació amb imants, levitació controlada electrònicament, levitació d'un material diamagnètic, etc.

A diferència del tractament anterior, aquest ens permet fixar-nos en la física de baixes temperatures. De fet és interessant, abans d'entrar en la superconductivitat pròpiament dita, proposar a l'alumnat l'estudi de què és el fred i com es va aconseguir controlar-lo construint neveres i *dewars*.

A continuació suggerim algunes idees que es poden treballar a partir d'aquesta activitat:

La conductivitat tèrmica dels materials i els seus usos pràctics

Principi de funcionament de les neveres

La líquidació dels gasos i la cursa cap a les baixes temperatures.

La relació entre la conductivitat dels materials i la seva temperatura

Les limitacions de la Llei d'Ohm

Fer una introducció al ferromagnetisme i diamagnetisme

L'aigua com a diamagnètic

Què vol dir "superconductor d'alta temperatura"? I "de baixa temperatura"?

Aplicacions dels superconductors



Imant levitant sobre un superconductor (peça quadrada) que està submergit en nitrogen líquid.

Algunes reflexions sobre l'activitat

Al llarg de les sessions hem anat trobant reaccions molt engrescadores tant per part de l'alumnat com dels professors, que ens han fet pensar que aquestes experiències tenen efectes molt positius en la motivació i interès per la ciència.

Per exemple, és molt curiós que en quasi totes les sessions, sempre hi ha alguna pregunta sobre una imatge que mostrem quan parlem de personatges que diuen haver levitat. És la imatge de Johan Lorbeer, un artista alemany que exposa les seves "obres" al carrer, i que es va fer molt famós per les seves aparicions levitant a un parell o tres de metres d'altura als carrers de diverses ciutats. La pregunta apareix sobretot entre el públic adolescent, aleshores els repto a que esbrinin el truc (pot trobar-se fàcilment a Internet).

En un centre de secundària, en acabar la sessió de levitació, uns quants alumnes em van venir a buscar i em van fer vàries preguntes, mostrant una gran curiositat per la matèria. Em vaig sentir molt satisfet per haver despertat aquell interès que em refermava en la idea que aquestes activitats són un bon camí per alimentar vocacions, però la sorpresa va ser gran quan vaig descobrir que aquells alumnes eren d'un grup del Batxillerat social!.

Paral·lelament, aquests actes divulgatius presentats de manera divertida i entenedora, també apropen la ciència a persones amb poca formació científica. En una ocasió, en acabar una sessió la directora de l'institut se'm va apropar, es va presentar com "de lletres", i em va dir: "Ha estat molt interessant. Crec que ara podria parlar dels superconductors, potser no ho diria correctament, però abans ni els coneixia i ara en sabria dir alguna cosa".

La nostra experiència és que aquesta sessió sobre levitació constitueix un bon començament per desfer explicacions "màgiques" o paracientífiques sobre aquest fenomen. També es pot constatar la sorpresa dels assistents en veure com la física més teòrica explica, per exemple, el funcionament dels trens levitants o les ressonàncies magnètiques. Això dóna una cara més amigable a la ciència i facilita el seu apropament a la societat.

I després?

Quins efectes tenen aquestes activitats en l'ensenyament de la física? Segurament aconseguir que els alumnes tinguin una experiència més agradable de la ciència. Encara que després no vulguin continuar amb aquests estudis, només aquest contacte positiu ja és bo per si mateix. Si actuem des dels instituts i des d'altres entorns no formals, poc a poc podrem aconseguir una percepció més amigable de la ciència i apropar-la a la societat. Fins i tot podem despertar algunes passions!

Víctor Grau Torre-Marin
Dr. en Ciències Físiques
Escola Politècnica Superior, Universitat de Vic

Bibliografia

Brockman, John, *La tercera cultura. Más allá de la revolución científica*, Barcelona, Tusquets Editores, Colección Metatemas 43, 2000

Snow, C.P., *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Versió ampliada de *Las dos culturas y la revolución científica*. Barcelona, El libro de Bolsillo, Alianza Editorial, 1977

Elías, Carlos, *La razón estrangulada*, Barcelona, Editorial Debate, 2008

Vargas Llosa, Mario, *Las dos culturas*, El País - Opinión - 27-12-1992

Roca, César, *La ciencia repele a los jóvenes*, Diario Vasco – Ciencia, 1-3-2009

Casulleras, Enric, *Dubtar o no dubtar: aquesta és la qüestió*, dins *Miscel·lània Ricard Torrents*, Eumo Editorial, Universitat de Vic, 2007

Pla, Joaquim, *La humanitat de la ciència*, dins *Miscel·lània Segimon Serrallonga*, Eumo Editorial, Universitat de Vic, 2000

Claverie, Jean-Michel, *La science telle qu'elle se fait*, revista *Alliage*, núm. 5, 1990