

La competència d'ús de proves científiques: Quines dimensions es promouen a les activitats de l'aula de ciències?

Anna Garrido Espeja (Anna.Garrido@uab.cat). Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM). UAB.

Digna Couso Lagarón (Digna.Couso@uab.cat). Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM) i Departament de didàctica de la matemàtica i les ciències experimentals. UAB.

L'ús de proves científiques és la competència científica que obté pitjors resultats en les proves per a alumnes, com és el cas de les proves internacionals PISA, però la menys treballada pels professors de ciències. Conèixer les dimensions d'aquesta competència i quines d'elles es treballen (i com) a les aules de ciències del nostre país pot ajudar a dissenyar activitats adequades per promoure-la, així com conèixer les característiques que ha de tenir una formació de professorat que vulgui potenciar la utilització de proves científiques a l'aula. Els resultats mostren una gran diversitat i complexitat en el tipus d'activitats d'ús de proves, tot i que el treball que es fa de les diferents dimensions en les activitats d'aula és desigual, fomentant una visió acrítica i per tant poc completa de la competència.

Paraules clau: Ús de proves, competència científica, indagació, argumentació.

MARC TEÒRIC

La competència d'ús de proves i justificació de l'estudi

La importància de la visió competencial (és a dir, entendre que l'objectiu de l'educació és l'adquisició de certes competències bàsiques) ha passat a primer pla des de la publicació, el 1999, de l'informe del projecte DeSeCo de l'OCDE (OECD, 2005). Aquesta visió ha tingut una influència clara en el nostre país, propiciant que tant els currículums del Ministeri d'Educació com el de Catalunya incorporin la visió competencial.

Dins de les competències bàsiques que esmenta l'OCDE, la competència científica es defineix com la capacitat d'utilitzar el coneixement i els processos científics, no només per comprendre el món natural, sinó també per intervenir en la presa de decisions que l'afecten. Per tant, comporta disposar de coneixements, però no tant per repetir, sinó amb l'objectiu de saber-los utilitzar per actuar (Sanmartí, 2008).

En el marc de l'avaluació de PISA centrada en la competència científica de 2006 (OECD, 2007), s'especifiquen tres dimensions necessàries per al seu desenvolupament:

1. Identificar qüestions científiques
2. Explicar fenòmens científicament
3. Utilitzar proves científiques

Malgrat el reconeixement generalitzat de les tres competències per aconseguir un aprenentatge competencial de les ciències, la dedicació que en l'ensenyament reben aquestes tres dimensions és desigual. Respecte d'això, ja en l'informe de resultats PISA s'afirma que "l'ensenyament de les ciències tradicional sovint es concentra en el segon procés d'explicar fenòmens científicament, el qual requereix estar familiaritzat amb els coneixements clau de la ciència i les teories. No obstant això, sense ser capaç primer de reconèixer un problema científic i després interpretar els resultats de forma rellevant per al món real, un estudiant no pot ser considerat del tot competent científicament i farà un ús limitat de la ciència en la seva vida adulta." (OECD, 2007). Per aquest motiu, i a causa de que la tercera competència és la que obté pitjors resultats amb els alumnes, el present estudi se centra en l'ús de proves científiques.

Rellevància social i visions de la competència en la literatura

La importància de l'ús de proves està àmpliament justificada en la literatura, des de diferents vessants. D'una banda, saber ciència implica saber "de" ciència i "sobre" ciència, però també **saber "fer" ciència**, amb l'objectiu d'ajudar a apreciar els raonaments en què es basen les afirmacions del coneixement científic (Millar & Osborne, 2001). Com alguns autors destaquen (Gott & Roberts, 2008; Jeong, Songer, & Lee, 2006; Duschl & Grandy, 2008), promoure la competència d'ús de proves és fonamental per al desenvolupament d'idees sobre la **naturalesa de la ciència** i les maneres de treballar de la comunitat científica, la qual cosa actualment forma part del coneixement científic a aprendre d'acord amb els currículums del nostre país.

Així i tot, molts coneixements científics s'ensenyen a l'escola sense referència a les proves que les sustenten. Sovint encara es considera que la ciència a ensenyar a l'aula ha de ser un conjunt de coneixements i teories determinades i consensuades. Les proves, en aquests casos, són substituïdes per l'argument d'autoritat, ja que tenim confiança en la persona experta o institució que avala aquest coneixement (Jiménez-Aleixandre, 2010).

D'altra banda, el coneixement epistèmic de la ciència es considera també imprescindible per a l'**alfabetització científica** actual (Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005), la qual consisteix no només a conèixer les lleis, teories i models de la ciència, sinó en ser capaç d'utilitzar aquests coneixements per prendre decisions en contextos de la vida real (OCDE, 2007). Aquesta presa de decisions requereix una avaluació acurada de les afirmacions científiques a través de trobar connexions entre les proves, inferències i conclusions, així com argumentar les opinions de manera fonamentada i expressar-les de manera que altres persones les entenguin. Per tant, promoure la competència d'ús de proves dins de la pràctica científica escolar contribueix a la formació de **ciutadanes i ciutadans crítics** que puguin avaluar el coneixement i detectar les contradiccions i inconsistències del discurs, perquè siguin capaços de participar activament en les decisions polítiques i socials del present i del futur (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Malgrat la seva importància, la competència d'ús de proves (o *Evidentiary competence*) sovint ha estat descuidada per la literatura o s'ha presentat associada al treball empíric i la metodologia d'investigació, i per tant més com un procediment que com una competència (mobilització i integració

de conceptes, procediments, actituds i valors per a ser capaç de fer) essencial per a l'alfabetització científica.

Des d'una visió merament empirista de la ciència, el que utilitzem per obtenir conclusions científiques són bones dades experimentals. Autors propers a aquesta línia (Gott & Roberts, 2008; Jeong et al., 2006; Norris, 1985) s'han centrat en l'anàlisi del procés empíric (la indagació) i han proposat diferents aspectes a tenir en compte per a l'obtenció de dades fiables a l'aula, com el disseny experimental o la manipulació de les dades.

Tot i que aquests aspectes empírics són essencials per obtenir nivells acceptables de fiabilitat, precisió i rellevància, l'actual i més acceptada filosofia de la ciència, compartida per la majoria dels autors de l'àmbit, ens suggereix el pas des de la concepció d'una "ciència com experimentació" a una "**ciència com a construcció i revisió d'una explicació o model**" (Duschl & Grandy, 2008). Dins d'aquesta visió, la naturalesa de l'observació científica passa de ser considerada una acció dominada pels sentits a una acció impulsada per la teoria. Ara sabem que allò que veiem està influenciat pel que coneixem i per com ho mirem, i que les teories científiques estan estretament implicades en el disseny i interpretació dels mètodes experimentals. Des d'aquesta perspectiva, les dades interpretades a la llum d'una teoria, com sustentadores o contràries a aquesta (és a dir les proves), cobren una rellevància major i s'associen als processos de modelització i argumentació.

Per tant, la competència *Utilitzar proves científiques* no s'hauria de limitar a la realització d'experiments per obtenir unes dades empíriques (indagació), sinó que hauria d'incloure processos discursius i cognitius més elevats que incloguessin l'elaboració d'una argumentació fonamentada, la capacitat de donar raons a favor i en contra d'una conclusió determinada a partir de les dades disponibles o la identificació dels supòsits que s'han assumit per arribar a la conclusió (argumentació) (Kuhn, 1992; Jiménez-Aleixandre, 2010), amb l'objectiu de fer partícips els alumnes dels processos de construcció de coneixement que té la ciència (modelització).

Resultats amb alumnat i professorat

Malgrat la reconeguda importància de les competències, els resultats de les últimes avaluacions PISA centrades en ciències (OCDE, 2007) mostren a Espanya uns nivells molt baixos de competència científica i especialment en l'ús de proves, la qual es troba 3,6 punts per sota de la puntuació mitjana de competència científica. Així mateix, altres estu-

dis focalitzats en analitzar específicament la competència d'ús de proves per part dels estudiants d'altres països (Jeong et al., 2006) revelen resultats similars.

S'han esgrimit diferents raons per a això, entre elles la distància que hi ha entre les competències científiques que avalua PISA i el tipus de competències que es demana als alumnes en la majoria d'aules de ciències del nostre país (Couso & Pintó, 2012). De fet, alguns estudis (Boudamoussi & Pintó, 2009) mostren la dificultat del professorat de ciències per identificar les competències científiques, especialment l'ús de proves, que és la competència menys reconeguda i la que menys dificultats es creu que suposa per als alumnes.

Tanmateix, no s'han fet estudis sistemàtics que busquin solucions al problema o intentin revertir la situació actual i per això creiem que cal avançar en aquest sentit, amb l'objectiu d'ajudar a construir un camí que aportï noves idees per a la promoció d'aquesta competència a les aules de ciències.

OBJECTIU

Amb aquest context en ment, ens plantejem els següents objectius de recerca:

- Conèixer quines dimensions de la competència d'ús de proves científiques es poden donar en activitats d'aula de ciències.
- Conèixer quines d'aquestes dimensions es treballen a les activitats d'aula dissenyades especialment per promoure aquesta competència.

METODOLOGIA

Per assolir aquests objectius s'ha fet una categorització del tipus de demandes que es poden donar en activitats d'aula, en base a la teoria de l'àmbit i a l'anàlisi d'activitats especialment dissenyades per a promoure l'ús de proves. En aquest mateix procés de categorització també s'han determinat quines dimensions de la competència es treballen més en cadascuna de les activitats analitzades.

En concret, per a realitzar la categorització del tipus de demandes que es poden donar en les activitats que busquen promoure l'ús de proves, s'han recollit i analitzat un total de 24 activitats explícitament dissenyades per a promoure aquesta competència, les quals inclouen, en conjunt, 154 preguntes o demandes d'ús de proves. Totes les activitats van dirigides a alumnat de secundària i treballen diversos continguts de les diferents disciplines cien-

tífiques (biologia, química, física, geologia, astronomia, etc.) De les activitats, a més, hem diferenciat entre activitats publicades i validades (dissenyades per investigadors o entitats de didàctica de les ciències) i activitats en procés de disseny (dissenyades per professors o investigadors que estan treballant la competència).

D'acord amb una anàlisi teòrica de la literatura relacionada amb la competència d'ús de proves (Gott & Roberts, 2008; Jiménez-Aleixandre, 2010; OCDE, 2007) i una classificació inicial de les dimensions feta en el si del projecte COMPEC, es va construir una graella de caracterització inicial que s'ha anat modificant i enriquint en un anar i venir de la teoria a les dades fins que aquesta s'ha saturat, és a dir, l'anàlisi de més activitats no ha requerit de més categories dins la graella, perquè aquestes ja eren prou útils per a classificar qualsevol activitat nova.

RESULTATS

Les activitats d'aula que busquen promoure l'ús de proves s'han caracteritzat segons dues variables: el model didàctic i el caràcter de l'activitat

Segons el **model didàctic** promogut hem identificat dos tipus: activitats de tipus *tècnic-manipulatiu (TM)* (que promouen habilitats tècniques, manipulatives o experimentals) o activitats de tipus *discursiu-cognitiu (DC)* (centrades en promoure habilitats de pensament). Encara que alguns autors (Gott & Duggan, 1996; Jeong et al., 2006; Norris, 1985) han posat l'accent en la importància de les activitats de tipus *tècnic-manipulatiu (TM)*, amb l'objectiu d'aconseguir criteris de validesa i fiabilitat de les dades, aquest tipus d'activitats es presenten generalment com un procés mecànic i de passos preestablerts, on es promou únicament la capacitat de realitzar tasques empíriques i tècniques concretes. Les activitats de tipus *discursiu-cognitiu (DC)*, en canvi, les associem a un model didàctic de tipus més competencial, on es pretén que els alumnes siguin capaços d'integrar els coneixements teòrics amb el món empíric, promovent Habilitats de Pensament d'Ordre Superior (*HOTS*-sigles en anglès) com l'argumentació, la síntesi, la resolució de problemes o l'avaluació (Zohar & Dori, 2003).

D'altra banda, es poden donar quatre tipologies diferents d'activitats segons el **caràcter de l'activitat**: literal (1) (centrada en els processos per identificar proves), procedimental (2) (centrada en els processos per obtenir proves), interpretativa (3) (centrada en els processos per interpretar en base a proves) i avaluatiu (4) (centrada en els processos per avaluar en base a proves).

A continuació es presenta la **graella de categorització** simplificada (Figura 1), on s'integren aquestes dues variables i s'inclouen alguns exemples d'aula (en cursiva) per a cada dimensió de la competència:

		Model didàctic	
		Tècnic-Manipulatives (TM)	Discursives-Cognitives (DC)
Caràcter de l'activitat	Literal (1)		1.DC. Identificar preguntes, hipòtesis o procés experimental per obtenir proves <i>- Quines preguntes poden ser resoltes obtenint proves i quins no?</i> o identificar els models o proves que hi ha darrere d'unes conclusions <i>- Identifica en quines dades es basa la conclusió dels autors respecte l'edat de la Terra.</i>
	Procedimental (2)	2.TM. Obtenir o presentar dades <i>- Col·loca una espelma encesa en un recipient amb aigua i cobreix-la amb un matràs. Observa atentament.</i> <i>- Elabora una taula que reculli què concentracions surten a les analítiques.</i>	2.DC. Proposar pregunta, hipòtesi o experiència necessària per obtenir proves <i>- Feu prediccions sobre si s'han de dissoldre en aigua cadascuna d'aquestes substàncies.</i> <i>- Inventa un possible disseny experimental indicant que mesuraries, com i en quines condicions.</i>
	Interpretatiu (3)	3.TM. Extreure informació directa de les dades <i>- Compara les dades de la Terra, la Lluna i Mart. Quines són les diferències més significatives?</i> <i>- Per on surt el sol segons les dades?</i>	3.DC. Elaborar conclusions a partir de les proves, confirmar hipòtesi o argumentar <i>- A partir d'aquest fet (els eclipsis de Sol), què pots dir de la llum que associem a la lluna? És la lluna un emissor de llum?</i> <i>- Coincideixen els resultats amb el teu hipòtesi?</i> <i>- A partir del conclòs, quins arguments utilitzaries per fer canviar d'opinió un amic teu que cregués en l'astrologia?</i>
	Avaluatiu (4)		4.DC. Avaluar la qualitat de les dades i les conclusions <i>- ¿Per què l'ajuntament ha mogut les estacions de mesura de contaminació dels carrers amb trànsit als jardins?</i> <i>- A partir d'aquest experiment, podem concloure que el model utilitzat és vàlid sempre?</i>

Figura 1. Graella de categorització de les dimensions de la competència ús de proves

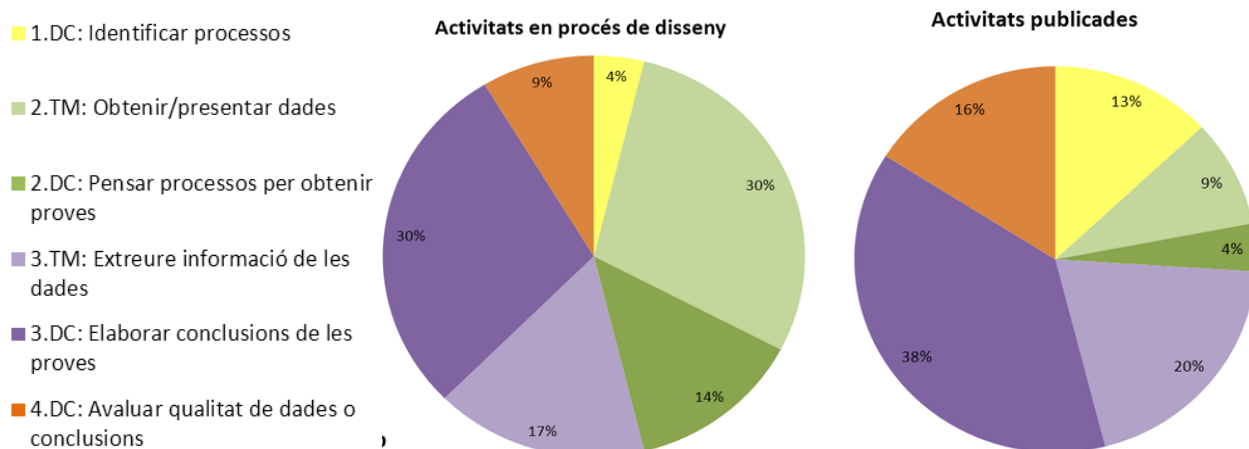


Figura 2. Dimensions de la competència que es promouen en activitats d'aula analitzades (en procés de disseny i publicades).

En relació a les dimensions de la competència que promouen les diferents activitats analitzades (Figura 2), observem un percentatge elevat de demandes interpretatives (3), tant en el cas de les activitats publicades com en aquelles que estan en procés de disseny. En canvi, s'aprecia un alt nombre de demandes de tipus tècnic-manipulatiu procedimental (2TM) en les activitats en procés de disseny, mentre que aquestes es redueixen molt en les activitats publicades, on les dimensions avaluativa (4DC) i literal (1DC) adquireixen una importància major.

En general podem dir que les activitats publicades treballen de manera més equitativa i equilibrada les diferents dimensions de la competència, a diferència de les activitats en procés de disseny, les quals promouen els diferents aspectes de la competència d'una manera desigual, mostrant una visió clarament acrítica de la competència, pel reduït percentatge de demandes avaluatives que es donen.

CONCLUSIONS

Els resultats mostren que hi ha una àmplia casuística en el tipus d'activitats que promouen la competència d'ús de proves, la qual inclou demandes de diferents nivells cognitius (*TM* i *DC*) i de diferents tipus segons el caràcter de l'activitat respecte al que demana fer amb les proves (una tasca literal, procedimental, interpretatiu o avaluatiu).

Hi ha activitats que treballen l'ús de proves de forma únicament experimental (*TM*), mentre que d'altres integren el treball empíric amb els models teòrics (*DC*). El tipus de demandes *tècnic-manipulatives* i *discursiu-cognitives* treballen, doncs, habilitats cognitives molt diferents, dins de la mateixa competència d'ús de proves. La principal conclusió que surt de l'anàlisi d'activitats que promouen l'ús de proves és que no es pot parlar d'un únic model d'activitat, sinó que existeix una casuística molt més àmplia i variada del que suggereix l'enunciat "ús de proves", la qual complementa les categoritzacions fetes per altres autors (Gott i Duggan, 1996; Jeong et al., 2006; Jimenez-Aleixandre, 2010). A més a més, el tipus de tasques no sempre corresponen amb les practiques científiques que promouen habilitats de pensament d'ordre superior (argumentar, modelitzar, avaluar, etc). En aquest sentit, activitats més de tipus *discursiu-cognitiu* són practiques científiques més genuïnes i requereixen d'unes habilitats cognitives d'ordre superior mentre que les de tipus *tècnic-manipulatiu*, tot i ser importants dins la competència, es queden amb un tre-

ball més procedimental i per tant, parcial, de la pràctica científica.

Donat que les quatre tipologies (literal, procedimental, interpretativa o avaluativa) es complementen entre elles i conformen tot el ventall de possibles tasques en relació a l'ús de proves, considerem que una practica científica complerta hauria d'incloure el major nombre possible d'aquestes. Ara bé, d'entre totes, les activitats de tipus avaluatiu són les que estan més relacionades amb la pràctica científica de l'argumentació i no treballar-les implica donar una visió incompleta de la indagació (perquè no s'avalua el procés seguit ni el rang de validesa dels resultats i per tant dona una visió acrítica de la construcció del coneixement científic). Per tant, tot i la importància de fer un ús múltiple en activitats d'aula de les diverses tipologies d'ús de proves identificades, considerem prioritari promoure demandes de tipus avaluatiu.

Per altra banda, les activitats analitzades indiquen que el treball que es fa a l'aula és sobretot de tipus *tècnic-manipulatiu* procedimental i *discursiu-cognitiu* interpretatiu, és a dir, es realitza molt treball experimental i s'interpreten les proves obtingudes en base a unes teories per generar un coneixement o arribar a uns models. Tot i que això no és inadequat, ja que aquests processos són essencials per a treballar la competència d'ús de proves, existeix una carència important de demandes cognitives i sobretot de la dimensió avaluativa, cosa que indica que es fa un treball de la competència poc cognitiu i acrític, on no es qüestiona ni s'avalua el coneixement.

En l'anàlisi diferenciat de les activitats publicades i validades, i activitats en procés de disseny, s'observa que les activitats no validades per la comunitat educativa es centren en el treball experimental i els hi manquen tasques de tipus avaluatiu, mentre que les activitats publicades i validades inclouen una distribució més equilibrada de les dimensions de la competència, donant un pes molt major a les avaluatives. Aquest fet demostra que l'expertesa en el disseny d'activitats competencials en ús de proves propicia un treball de la competència més complex, complet i equilibrat.

Això també ens fa pensar que no n'hi ha prou amb afirmar que es treballi l'ús de proves com una competència científica que cal promoure, sinó que és molt important donar suport al professorat en dissenyar activitats d'aquest tipus, per tal que compregui la importància de la competència i sigui capaç de treballar la complexitat i diversitat d'aquesta. Finalment, això ens apunta a afirmar que per treballar tota la casuística caldria dissenyar unitats di-

dàctiques complertes en aquest sentit, i no només activitats puntuals que treballin només alguna dimensió aïllada.

AGRAÏMENTS

El treball aquí presentat està finançat pel MICINN, com a part del projecte d'I + D COMPEC: "La competència científica en el professorat de ciències de secundària: anàlisi de dificultats, propostes de formació i elaboració de materials didàctics com" bones pràctiques "en l'àmbit", amb referència EDU2009-08.885

BIBLIOGRAFIA

- BOUDAMOSSI, S. EL, & PINTÓ, R. (2009). Scientific Processes in PISA Tests observed for Science Teachers. *International Journal of Science Education*, 31(16).
- COUSO, D., & PINTÓ, R. (2012). Spain: mentoring for innovative science education - teaching for achieving scientific competence with student teachers and mentor teachers. In G. M. Simmie & M. Lang (Eds.), *What's worth aiming for in educational innovation and change?* (pp. 89–108). Waxmann.
- DUSCHL, R. A., & GRANDY, R. E. (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- GARRIDO, A. (2012). *Visió del professorat de ciències de secundària en formació sobre la competència d'ús de proves científiques*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- GOTT, R., & ROBERTS, R. (2008). Concepts of evidence and their role in open-ended practical investigations and scientific literacy; background to published papers. The School of Education, Durham University, UK.
- JEONG, H., SONGER, N. B., & LEE, S.-Y. (2006). Evidentiary Competence: Sixth Graders' Understanding for Gathering and Interpreting Evidence in Scientific Investigations. *Research in Science Education*, 37, 75–97.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (p. 200). Barcelona: GRAO.
- KUHN, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 66, 155–178.
- MILLAR, R., & OSBORNE, J. (2001). *Beyond 2000: Science education for the future*.
- NORRIS, S. P. (1985). The philosophical basis of observation in science and science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(9), 817–833.
- OECD. (2005). *The definition and selection of key competencies (DeSeCo)*.
- OECD. (2007). PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World. Analysis.
- SANMARTÍ, N. (2008). Què comporta desenvolupar la competència científica? *Guix*, 344, 11–16.
- ZEIDLER, D. L., SADLER, T. D., SIMMONS, M. L., & HOWES, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377. doi:10.1002/sce.20048
- ZOHAR, A., & DORI, Y. J. (2003). Higher Order Thinking Skills and Low-Achieving Students: Are They Mutually Exclusive? *The Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 145–181.