

LA COMPETENCIA DE USO DE PRUEBAS CIENTÍFICAS: ¿QUÉ DIMENSIONES DE LA COMPETENCIA SE PROMUEVEN EN LAS ACTIVIDADES DEL AULA DE CIENCIAS?

Anna Garrido Espeja
CRECIM, Universitat Autònoma de Barcelona

Digna Couso Lagarón
Universitat Autònoma de Barcelona

RESUMEN: El uso de pruebas científicas es la competencia científica que obtiene peores resultados en las pruebas para alumnos pero la menos trabajada por los profesores de ciencias. Conocer las dimensiones de esta competencia y cuáles de ellas se trabajan y cómo en el aula de ciencias de nuestro país puede ayudar a diseñar actividades adecuadas para promoverla, así como conocer las características que debe tener una formación de profesorado que quiera potenciar la utilización de pruebas científicas en el aula. Los resultados muestran una gran diversidad y complejidad en el tipo de actividades de uso de pruebas, aunque el trabajo que se hace de las distintas dimensiones es desigual, dando énfasis en la dimensión más técnico-manipulativa pero poco hincapié a las actividades evaluativas, fomentándose una visión acrítica y por tanto poco completa de la competencia.

PALABRAS CLAVE: Uso de pruebas, competencia científica, indagación, argumentación.

MARCO TEÓRICO

La importancia de la visión competencial (es decir, entender que el objetivo de la educación es la adquisición de ciertas competencias básicas) ha pasado a primer plano desde la publicación, en 1999, el informe del proyecto DeSeCo de la OCDE.

Dentro de las competencias básicas que menciona la OCDE, la competencia científica se define como la capacidad de utilizar el conocimiento y los procesos científicos, no sólo para comprender el mundo natural, sino también para intervenir en la toma de decisiones que le afectan y saberlos utilizar para actuar (Sanmartí, 2008).

En el marco de la evaluación de PISA centrada en la competencia científica de 2006 (OECD, 2007), se especifican tres dimensiones necesarias para su desarrollo:

- Identificar cuestiones científicas
- Explicar fenómenos científicamente
- Utilizar pruebas científicas

A pesar del reconocimiento generalizado de las tres competencias para lograr un aprendizaje competencial de las ciencias, *“la enseñanza de las ciencias tradicional a menudo se concentra en el segundo proceso de explicar fenómenos científicamente. Sin embargo, sin ser capaz primero de reconocer un problema científico y luego interpretar los resultados de forma relevante para el mundo real, un estudiante no puede ser considerado del todo competente científicamente y hará un uso limitado de la ciencia en su vida adulta.”* (OECD, 2007). El presente estudio se centra en la tercera de estas dimensiones, el uso de pruebas científicas.

La importancia del uso de pruebas está ampliamente justificada en la literatura. Por un lado, saber ciencia implica saber “de” ciencia y “sobre” ciencia, pero también saber “hacer” ciencia, con el objetivo de ayudar a apreciar los razonamientos en que se basan las afirmaciones del conocimiento científico (Millar & Osborne, 2001). Como algunos autores destacan (Gott & Roberts, 2008; Jeong et al., 2006), promover la competencia de uso de pruebas es fundamental para el desarrollo de ideas sobre la naturaleza de la ciencia, lo cual actualmente forma parte del conocimiento científico a aprender de acuerdo a los currículos de nuestro país.

Por otro lado, el conocimiento epistémico de la ciencia se considera imprescindible para la alfabetización científica actual (Zeidler et al., 2005), la cual consiste no sólo en conocer las leyes, teorías y modelos de la ciencia, sino en ser capaz de utilizar estos conocimientos para aplicarlos a nuevas situaciones y tomar decisiones en contextos de la vida real (OECD, 2007). Promover la competencia de uso de pruebas dentro de la práctica científica escolar, por tanto, contribuye a la formación de ciudadanas y ciudadanos críticos que puedan evaluar el conocimiento y detectar las contradicciones e inconsistencias del discurso, que los haga capaces de participar activamente en las decisiones políticas y sociales (Jiménez-Aleixandre, 2010).

A pesar de su importancia, la competencia de uso de pruebas (o *Evidentiary competence*) a menudo ha sido descuidada por la literatura o se ha presentado asociada al trabajo empírico y la metodología de investigación, y por tanto más como un procedimiento que como una competencia esencial para la alfabetización científica.

Algunos autores cercanos a una visión empirista de la ciencia (Gott & Roberts, 2008; Jeong et al., 2006) se han centrado en el análisis del proceso empírico (la indagación) y han propuesto distintos criterios a tener en cuenta para la obtención de datos fiables en el aula, como el diseño experimental o la manipulación de los datos.

Aunque estos aspectos son esenciales para obtener niveles aceptables de fiabilidad y relevancia, la nueva filosofía de la ciencia ha pasado de una concepción de la “ciencia como experimentación” a “ciencia como construcción y revisión de una explicación o modelo” (Duschl & Grandy, 2008). Desde esta perspectiva, los datos interpretados a la luz de una teoría, como sustentadores o contrarios a ésta (es decir las pruebas), cobran una relevancia mayor y se asocian a los procesos de modelización y argumentación.

Por lo tanto, la competencia *Utilizar pruebas científicas* no debería limitarse a la realización de experimentos para obtener unos datos empíricos (indagación), sino que debería incluir procesos cognitivos más elevados, como la capacidad de dar razones a favor y en contra de una conclusión a partir de las pruebas o la identificación de los supuestos que hay detrás de una conclusión (argumentación) (Jiménez-Aleixandre, 2010), con el objetivo de hacer partícipes a los alumnos de los procesos de construcción de conocimiento que tiene la ciencia (modelización) y de fomentar una actitud crítica que les permita valorar de manera fundamentada la información que reciben.

A pesar de la reconocida importancia de las competencias, los resultados de las últimas evaluaciones PISA centradas en ciencias (OECD, 2007) muestran en España unos niveles muy bajos de competencia científica y especialmente en el uso de pruebas, la cual se encuentra 3,6 puntos por debajo de

la puntuación media de competencia científica. Otros estudios (Jeong et al., 2006) revelan resultados similares.

Se han esgrimido diferentes razones para ello, entre ellas la distancia que existe entre las competencias científicas que evalúa PISA y el tipo de competencias que se les pide a los alumnos en la mayoría de aulas de ciencias de nuestro país (Couso & Pintó, 2012). De hecho, algunos estudios (Boudamoussi & Pintó, 2009) muestran la dificultad de los profesores de ciencias para identificar las competencias científicas, especialmente el uso de pruebas, competencia a la que el profesorado asocia pocas dificultades para su alumnado.

Por ello, creemos que es necesario conocer cuales son las dimensiones que forman parte de la competencia de uso de pruebas y cómo se trabajan en el aula de ciencias de nuestro país, con el objetivo de ayudar a construir un camino que aporte nuevas ideas para la promoción de esta competencia en el futuro.

OBJETIVOS

En este marco, el presente estudio tiene dos objetivos:

- Categorizar el tipo de actividades de uso de pruebas que se pueden dar en actividades de aula diseñadas para trabajar esta competencia.
- Determinar qué dimensiones de la competencia se promueven en las actividades de aula especialmente diseñadas para trabajar el uso de pruebas.

METODOLOGÍA

Para realizar la categorización del tipo de demandas que se encuentran en actividades de aula se han recogido y analizado un total de 24 actividades diseñadas para promover explícitamente esta competencia, dirigidas a alumnado de secundaria y que trabajan contenidos de las diferentes disciplinas científicas. Se ha diferenciado entre actividades publicadas y validadas, donde se han incluido actividades PISA (OECD, 2007) y de autores expertos en el ámbito (Jiménez-Aleixandre et al., 2009; Jiménez-Aleixandre, 2010), y actividades en proceso de diseño dentro del proyecto COMPEC¹ y del proyecto de diseño curricular de competencia científica de la Generalitat de Catalunya.

En base a un análisis teórico de la literatura relacionada con la competencia de uso de pruebas (Gott & Roberts, 2008; Jiménez-Aleixandre, 2010; OECD, 2007) y una clasificación inicial hecha en el seno del proyecto COMPEC, así como del análisis de las actividades de aula previamente mencionadas, se ha construido una parrilla de categorización inicial, la cual se ha ido modificando y enriqueciendo en un ir y venir de la teoría a los datos, hasta que ésta se ha saturado. Este mismo análisis nos ha permitido determinar qué dimensiones de la competencia se promueven en cada una de las actividades analizadas.

1. El trabajo aquí presentado está financiado por el MICINN, como parte del proyecto de I+D COMPEC: “*La competencia científica en el profesorado de ciencias de secundaria: análisis de dificultades, propuestas de formación y elaboración de materiales didácticos como “buenas prácticas” en el ámbito*”, con referencia EDU2009-08885*.

RESULTADOS

Las actividades de aula que buscan promover el uso de pruebas se han caracterizado según dos variables: el modelo didáctico y el carácter de la actividad.

Según el modelo didáctico promovido hemos identificado dos dimensiones: actividades *técnico-manipulativas (T-M)*, que promueven habilidades técnicas o experimentales, y actividades *discursivo-cognitivas (D-C)*, centradas en promover habilidades de pensamiento. Aunque algunos autores (Gott & Duggan, 1996; Jeong et al., 2006; Norris, 1985) han hecho hincapié en la importancia de las actividades de tipo *T-M* con el objetivo de conseguir criterios de validez y fiabilidad de los datos, estas actividades se presentan generalmente como un proceso mecánico, donde se promueve únicamente la capacidad de realizar tareas técnicas siguiendo unos pasos preestablecidos. Las actividades de tipo *D-C*, en cambio, las asociamos a un modelo didáctico más competencial, donde se pretende que los alumnos sean capaces de integrar los conocimientos teóricos con el mundo empírico, promoviendo Habilidades de Pensamiento de Orden Superior (HOTS-siglas en inglés) como la argumentación, la resolución de problemas o la evaluación (Zohar & Dori, 2003).

Por otro lado, se dan cuatro tipologías diferentes de actividades según el carácter de la actividad: *literal* (centrada en los procesos para identificar pruebas), *procedimental* (centrada en los procesos para obtener pruebas), *interpretativa* (centrada en los procesos para interpretar en base a pruebas) y *evaluativa* (centrada en los procesos para evaluar en base a pruebas).

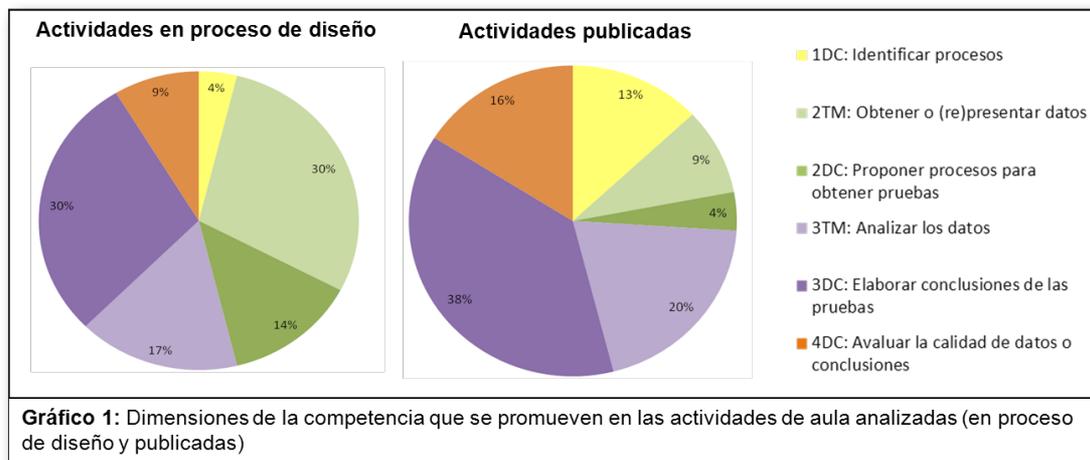
A continuación se presenta la parrilla de categorización simplificada (tabla 1), donde se incluyen ejemplos de actividades (en cursiva) para cada dimensión de la competencia:

		Modelo didáctico	
		<i>Técnicas-Manipulativas (TM)</i>	<i>Discursivas-Cognitivas (DC)</i>
Carácter de la actividad	Literal (1)		1.DC. Identificar pregunta, hipótesis o proceso experimental para obtener pruebas <i>- Qué preguntas pueden ser resueltas obteniendo pruebas y cuáles no?</i> identificar las conclusiones o los modelos y pruebas que hay detrás de las conclusiones <i>- Identifica en qué datos se basa la conclusión de los autores respecto a la edad de la Tierra.</i>
	Procedimental (2)	2.TM. Obtener y (re)presentar datos <i>- Coloca una vela encendida en un recipiente con agua y cúbreala con un matraz. Observa atentamente.</i> <i>- Elabora una tabla que recoja qué concentraciones de las analíticas.</i>	2.DC. Proponer pregunta de investigación, hipótesis o proceso experimental para obtener pruebas <i>- Haz tus predicciones sobre si se disolverán en agua cada una de estas sustancias.</i> <i>- Inventa un posible diseño experimental indicando que medirías, cómo y en qué condiciones.</i>
	Interpretativo (3)	3.TM. Analizar datos <i>- Compara los datos de la Tierra, la Luna y Marte ¿Cuáles son las diferencias más significativas?</i> <i>- Por donde sale el sol según los datos?</i>	3.DC. Elaborar conclusiones a partir de las pruebas, confirmar hipótesis o argumentar (relacionar con teoría) <i>- A partir de este hecho (los eclipses de Sol), qué puedes decir de la luz que asociamos a la luna? Es la luna un emisor de luz?</i> <i>- A partir de lo concluido, qué argumentos utilizarías para hacer cambiar de opinión a un amigo tuyo que creyera en la astrología?</i>
	Evaluativo (4)		4.DC. Evaluar la calidad de los datos, de la pregunta de investigación o del diseño experimental <i>- ¿Por qué el ayuntamiento ha movido las estaciones de medida de contaminación de las calles con tráfico a los jardines?</i> Evaluar la calidad de las conclusiones o de los modelos. <i>- A partir de este experimento, podemos concluir que el modelo utilizado es válido siempre?</i>

Tabla 1: parrilla de categorización de las dimensiones de la competencia uso de pruebas.

En cuanto a las dimensiones de la competencia que promueven las diferentes actividades analizadas, observamos un porcentaje elevado de demandas interpretativas (3), tanto en el caso de las actividades publicadas como en aquellas que están en proceso de diseño (gráfico 1). Por otro lado, en las actividades en proceso de diseño se aprecia un alto número de demandas procedimentales (2) y muy pocas demandas evaluativas (4DC) y literales (1DC), las cuales aumentan en las actividades publicadas.

En general las actividades publicadas trabajan de manera más equitativa y equilibrada las distintas dimensiones de la competencia, a diferencia de las actividades en proceso de diseño, las cuales promueven los distintos aspectos de la competencia de manera desigual, además de promover una visión acrítica de la competencia por el reducido número de demandas de tipo *evaluativo*.



CONCLUSIONES

Los resultados muestran que existe una amplia casuística en el tipo de actividades que promueven la competencia de uso de pruebas, incluyendo demandas de diferentes niveles cognitivos (*técnico-manipulativas* y *discursivo-cognitivas*) y de distintos tipos según lo que se pide hacer con las pruebas (un trabajo *literal*, *procedimental*, *interpretativo* o *evaluativo*), lo cual complementa las categorizaciones hechas por otros autores (Gott y Duggan, 1996; Jimenez-Aleixandre, 2010). Las actividades más de tipo *D-C* son prácticas científicas más genuinas y requieren de habilidades cognitivas de orden superior (HOTS) mientras que las de tipo *T-M*, a pesar de ser importantes dentro de la competencia, se quedan con un trabajo más procedimental y por tanto, parcial, de la práctica científica. En cuanto a la tipología, a pesar de la importancia de hacer un uso múltiple en actividades de aula, consideramos prioritario promover demandas de tipo evaluativo, ya que son las que están más relacionadas con la práctica científica de la argumentación y no trabajarlas implica dar una visión incompleta de la indagación.

Las actividades analizadas indican que el trabajo que se hace en el aula es sobre todo de tipo *T-M* procedimental y *D-C* interpretativo, es decir, se realiza muy trabajo experimental y se interpretan las pruebas obtenidas en base a unas teorías para generar conocimiento. Aunque esto no es inadecuado, existe una carencia importante de demandas cognitivas y sobre todo evaluativas, lo que indica que se hace un trabajo de la competencia poco cognitivo y acrítico, donde no se cuestiona ni se evalúa el conocimiento científico.

En el análisis diferenciado de las actividades en proceso de diseño y publicadas, se observa que las primeras se centran en el trabajo experimental y les faltan tareas de tipo evaluativo, mientras que las actividades publicadas incluyen una distribución más equilibrada de las dimensiones, dando un peso

mucho mayor a las evaluativas. Este hecho demuestra que la experiencia en el diseño de actividades competenciales en uso de pruebas propicia un trabajo de la competencia más complejo, completo y equilibrado.

Esto también nos hace pensar que no basta con afirmar el uso de pruebas es una competencia científica que hay que promover, sino que es muy importante apoyar al profesorado en diseñar actividades de este tipo, así como ayudar a comprender la importancia y complejidad de la competencia para que se sienta capaz de promoverla entre su alumnado.

Por último, una vez analizadas las tipologías de actividad, se ha visto interesante conocer las dificultades del profesorado en trabajar esta competencia en el aula de ciencias, y para ello se ha pasado un cuestionario a profesores en formación. Los resultados de este análisis están disponibles (Garrido, 2012) y se presentarán en el congreso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boudamoussi, 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.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Gallçastegui, J. R., Eirexas, F., & Puig, B. (2009). *Actividades para trabajar el uso de pruebas y la argumentación en ciencias* (UE, Proyec.). Universidad Santiago de Compostela: Danú.
- Millar, R., & Osborne, J. (2001). *Beyond 2000: Science education for the future*.
- 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.