
3.3

Aprender ciencias
es acercarnos a nuestro
entorno y aprender a
leer un mundo complejo
con ellas

JORDI DOMÈNECH
JUAN JOSÉ SANZ EZQUERRO



Ya hemos visto que una parte importante del aprendizaje de las ciencias implica conectar las propias ideas con otras más potentes y determinar los modos de validar el conocimiento. Profundamente científicas, estas competencias tienen también implicaciones en el modo de ejercer la ciudadanía.

Las controversias sociocientíficas son cuestiones orientadas a la toma de una decisión que implica a la vez aspectos científicos y sociales, de resolución abierta, como pueden ser la gestión de problemáticas ambientales, bioéticas o tecnoéticas. Usar energía nuclear o no, establecer la vacunación como obligatoria o permitir la venta de productos como la homeopatía en farmacias son cuestiones ante las que todos debemos poder posicionarnos. Y estos dilemas son participados por la ciencia, pero también por consideraciones éticas y valores personales o sociales.

Esto implica el desarrollo de distintas habilidades, como distinguir lo que es científico de lo que no lo es en un contexto determinado, evaluar riesgos, analizar críticamente propuestas como las que aparecen en la publicidad o en los medios de comunicación.

Usar controversias sociocientíficas en el aula es una oportunidad didáctica para conectar ideas científicas con el mundo cercano del alumnado, y para que la ciencia que enseñamos sea útil no solo para comprender y decidir, también para actuar como ciudadanas y ciudadanos libres y autónomos.

Igualmente, la participación de científicos/as e investigadores/as en las aulas permite al alumnado conocer los contextos propios de la ciencia, y tener una relación más cordial con ella: imaginar el día a día de la investigación científica, entender sus motivaciones y emociones, comprender la ciencia como una comunidad democrática y rigurosa.

En este capítulo mostraremos pruebas que indican que el trabajo en contextos y problemáticas sociales complejas genera un aprendizaje más profundo y más transferible para la vida como ciudadanos/as.

También, la participación de personal investigador en las aulas mejora la relación del alumnado con la ciencia.

Una vez tratadas en los anteriores capítulos las evidencias sobre el aprendizaje, sobre cómo enseñar, sobre cómo se construye la ciencia, en este analizaremos las evidencias sobre cómo aprender a usarla para analizar críticamente el mundo y actuar. Eso implica el desarrollo de habilidades y metodologías específicas, así como tomar conciencia de los valores implicados en la ciencia como actividad, como herramienta y como práctica. También veremos cómo la implicación directa de los científicos/as en el sistema educativo proporciona credibilidad y confianza al profesorado y alumnado, y aumenta su interés por el aprendizaje de las metodologías y contenidos científicos.





SABÍAS QUE...

Las emociones y los valores personales influyen mucho en el posicionamiento ante las controversias sociocientíficas.^{1,2,3,4}

Ubicar el aprendizaje de conceptos científicos en la toma de decisiones controvertidas promueve un aprendizaje más profundo de esos conceptos, y el desarrollo de habilidades de razonamiento y argumentación.^{4,5}

La capacidad de analizar y valorar pruebas en una controversia depende de hasta qué punto se comprende cómo funciona la ciencia (por ejemplo, el hecho de que un dato aislado no permite sacar conclusiones). También es importante comprender cómo uno mismo toma decisiones (por ejemplo, ser consciente de que en ocasiones tenemos sesgos).^{5,6,7}

Alumnado y profesorado suelen tener dificultades en diferenciar ciencia de pseudociencia y en priorizar los conceptos y consensos científicos.⁸

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

- Si no se evidencian y explicitan esos valores, puede dificultarse la capacidad de análisis crítico y aprendizaje de los modelos científicos.
 - Deben crearse espacios de respeto y empatía para la práctica didáctica con controversias sociocientíficas en el aula.
 - Es necesario ubicar el aprendizaje de ciencias en controversias sociocientíficas y ayudar al alumnado a evidenciar los valores desde los que participan en ellas.
-
- Deben elegirse problemáticas que promuevan el uso de conceptos científicos, o que entren en conflicto con ideas propias del alumnado.
 - Las actividades deben orientarse a la toma de una decisión con apoyos para el razonamiento y la argumentación.
-
- Deben tratarse de forma explícita los sesgos personales que participan al tratar una controversia.
 - Deben trabajarse de forma explícita las características del conocimiento científico vinculado a la controversia (basado en pruebas, consensuado, sujeto a revisión) en contraste con otras fuentes de información (opiniones, datos no contrastados...).
-
- Es necesario incorporar como enfoque el valor de la ciencia como actividad democrática de construcción de conocimiento.⁹
 - La relación de cada persona con la ciencia implica también trabajar componentes de identidad y valores personales (sentirse excluido/a de ella, percibirla como dogmática...).
 - Es necesario incorporar herramientas didácticas que permitan discriminar de forma sistemática argumentos basados en datos y pruebas de los basados en conjeturas y afirmaciones no fundamentadas.



SABÍAS QUE...

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Participar en controversias sociocientíficas promueve el desarrollo de habilidades clave para la ciudadanía, como el análisis de riesgos o la consideración de aspectos éticos.¹⁰

Posicionarse críticamente implica el desarrollo de habilidades de lectura crítica, debate y argumentación específicas.^{6,12}

La presencia de científicos/as en las aulas acerca la ciencia real tanto a profesorado como a alumnado.^{15,16,17}

- Las habilidades de calcular riesgos y movilizar perspectivas éticas se aprenden en su ejercicio y conexión con contextos relevantes.¹¹

- La lectura crítica de mensajes e información de distintos medios es una habilidad que puede enseñarse.¹³
- La ciencia tiene un lenguaje específico que debe aprenderse en las clases de ciencias.¹⁴
- El posicionamiento del alumnado está influido por sus habilidades de interpretación y validación de datos.⁶

- Genera interés en la ciencia y proporciona una nueva visión de la ciencia y los científicos/as.
- Permite la comprensión de primera mano de las metodologías y los detalles que implican la profesión de científico/a.
- La interacción personal y el sentimiento de cercanía proporciona modelos a seguir, favoreciendo la promoción de igualdad de oportunidades tanto de género como de minorías.¹⁸
- Los investigadores/as que participan aumentan sus capacidades de comunicación y comprenden mejor las dificultades de enseñar temas científicos complejos.¹⁹

03



SABÍAS QUE...

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La participación de científicos/as en la educación de las ciencias ayuda a mejorar la percepción que de ellos/as tienen los estudiantes.

- Propicia la desmitificación de los científicos/as como personas geniales, locas y despistadas. Humaniza y genera confianza.
- Ayuda a cambiar la imagen que el alumnado tiene de los científicos/as (por ejemplo en el Draw-a-scientist Test, DAST²⁰, incluyendo aspectos de género).²¹

La interacción con científicos/as en activo permite la discusión de temas de actualidad, con repercusiones no solo científicotécnicas sino socioeconómicas.²²

- El conocimiento y explicación de los proyectos en vigor en un laboratorio hace tangible la naturaleza real de la experimentación y ayuda a valorar la importancia de la ciencia para comprender y solucionar problemas concretos.
- Permite la incorporación de la ciencia a debates sobre asuntos cercanos, cotidianos, inmediatos.²³

Hay diversas maneras mediante las cuales los científicos/as se pueden acercar al profesorado y alumnado.

- Existen diferentes abordajes para facilitar la interacción entre científicos/as y el sistema educativo, por ejemplo charlas en los colegios²⁴, visitas a centros de investigación¹⁷, participación en ferias de la ciencia²⁵, talleres de formación continuada para profesores/as o programas de emparejamiento entre personal investigador y profesorado.

Es muy importante hacer una evaluación del impacto de las actividades de divulgación.¹⁵

- Es necesario no solo implementar estas actividades, sino hacer un seguimiento y evaluación del diseño y de la efectividad de las mismas.



- ✘ El uso de controversias sociocientíficas es dejar que los alumnos expresen sus opiniones sobre noticias de ciencia y las defiendan persuasivamente.**²⁶

 - El alumnado tiene tendencia a priorizar el conocimiento social y no suele articular *per se* sus posiciones a una aplicación significativa del conocimiento científico.⁵
 - Si no se estructuran correctamente los conceptos y modelos científicos, no hay aprendizaje.
 - Si no se explicitan los valores desde los que se argumenta, no hay verdadero análisis crítico.

- ✘ Los alumnos/as son “nativos digitales” y por lo tanto son perfectamente capaces de seleccionar y analizar críticamente información de Internet u otros medios digitales.**²⁷

 - El análisis que realizan los alumnos suele ser superficial y poco profundo.¹³
 - Es difícil discernir la información veraz apoyada por pruebas científicas de la que no lo es (por ejemplo, las pseudociencias suelen usar un lenguaje aparentemente científico para pretender veracidad).²⁸

- ✘ Presentar una ciencia en construcción es tirar piedras sobre nuestro propio tejado.**⁸

 - Situar al alumnado en controversias promueve una visión de la ciencia más compleja, en la que los casos de “ciencia terminada” conviven con “ciencia en construcción”.¹⁰

- ✘ La formación de la ciudadanía persigue que el alumnado perciba que la Ciencia tiene las respuestas a los problemas de la sociedad.**⁸

 - La experiencia diaria del alumnado con la ciencia (descubrimiento de nuevos planetas, noticias sobre toxicidad de medicamentos,...) requiere ofrecer una imagen transparente de la ciencia como explicación razonablemente cierta, no como verdad absoluta, sin por ello dar a entender que es equivalente a otras explicaciones carentes de rigor.
 - Las soluciones a los problemas de la sociedad pueden ser participadas por la ciencia, pero no solo por ella.²⁹

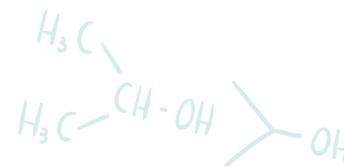
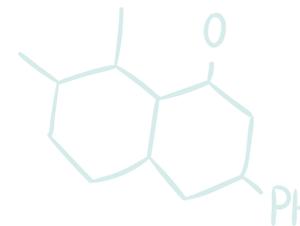


EDU-MITOS

LO QUE LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA HA DEMOSTRADO

- ✗ Traer científicos/as al aula solo beneficia a los alumnos/as, despertando su interés por la ciencia y quizás por elegir una carrera científica.**
 - La presencia de científicos/as en las aulas ayuda al alumnado a entender el trabajo de investigación, la importancia de la ciencia en sus vidas cotidianas y en su futuro profesional. Pero también motiva al profesorado y lo ayuda en sus futuras clases, proporcionándole formación continuada y seguridad en su labor docente.
 - Y al personal investigador, su asistencia a colegios e institutos lo ayuda a formarse en comunicación y le permite un mejor entendimiento de los desafíos del profesorado cuando enseña temas controvertidos.³⁰
- ✗ Los científicos/as son inaccesibles y no están dispuestos a colaborar en actividades educativas y de divulgación**
 - Cada vez un mayor número de científicos/as (especialmente los más jóvenes) están comprometidos y participan en programas de divulgación de la ciencia, superando las dificultades de falta de tiempo, financiación y reconocimiento.^{31,32}

03





EJEMPLO PRÁCTICO PARA SECUNDARIA

(4º de ESO)



Decisión sobre los transgénicos

Se propone al alumnado el siguiente caso de controversia socio-científica: tras un cambio de normativa de la UE, el desarrollo de cultivos transgénicos por toda Europa se incrementará en muchos países. Parece probable que los alimentos transgénicos, tales como los cereales para el desayuno, vayan a estar presentes en las estanterías de los supermercados el próximo año; ¿pero los escogerá mucha gente frente a la alternativa de productos sin organismos transgénicos?

En esta actividad, los alumnos aplican su conocimiento sobre los genes para aprender por qué los cultivos se modifican genéticamente antes de evaluar los riesgos para la salud, con objeto de decidir qué cereales comprarían.

En la actividad, el alumnado analiza distintas pruebas y anticipa riesgos, debiendo tomar una decisión sobre aceptar o no alimentos transgénicos. Como parte de la actividad el alumnado realiza también un análisis crítico sobre el origen de las pruebas y los posibles sesgos.

Esta actividad forma parte de la propuesta de actividades del proyecto europeo *Engaging Science*, y sus materiales están disponibles en <https://www.engagingscience.eu/es/2015/03/26/decision-sobre-los-transgenicos/>.



EJEMPLO PRÁCTICO PARA PRIMARIA

(6º de primaria)

Analizamos envases



Se propone al alumnado el análisis de la información que aparece en distintas publicidades y etiquetas de productos alimentarios. Se recogen distintos términos frecuentes, como “natural”, “saludable”, “biológico” o “ecológico” y se discuten sus significados desde el punto de vista coloquial y desde el punto de vista científico.

Se separan los envases en los que se han identificado afirmaciones incorrectas científicamente de los que no las contienen. Los alumnos, por grupos, elaboran una exposición comunicando el significado real de los términos y una exhibición de envases con mensajes equívocos, justificando por qué lo son.

El alumnado aprende en la actividad que los mensajes de los productos alimentarios usan lenguaje de las ciencias, pero con otros significados, y a realizar un análisis crítico inicial de las proclamas publicitarias relacionadas con la ciencia.

REFERENCIAS

1. Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
2. Sadler, T. D.; Chambers, W. F. y Zeidler D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387.
3. Sadler, T. D. (2004). Moral sensitivity and its contribution to the resolution of socio-scientific issues. *Journal of Moral Education*, 33 (3), 339-358.
4. Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socioscientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42.
5. España, E. y Prieto, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 71, 17-24.
6. Sadler, T. D.; Chambers, F. W. y Zeidler D. L. (2004). Student conceptualization of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26 (4), 387-409.
7. Sadler, T. D. (2004a). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 513-536.
8. Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
9. Vázquez, A.; Manassero, M. A. y Ortiz S. (2013). Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 243-268.
10. Kolstø, S. D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
11. Wessner, D. R. (2019). Science can't be taught in a vacuum. *Science*, 365 (6453), 614. <http://doi.org/10.1126/science.365.6453.614>.
12. Sadler, T. D.; Barab, S. A. y Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
13. Marbá, A. (2010). Aprender ciencias leyendo noticias: un reto para la escuela del siglo XXI. *XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, del 21 al 23 de julio, en Baeza (Jaén).
14. Sanmartí, N.; Izquierdo, M. y García P. (2002). Aprender ciencias aprendiendo a escribir ciencias. *Aspectos didácticos de ciencias naturales*. (Biología), 4, 141-174.
15. Laursen, S.; Liston, C.; Thiry, H. y Graf, J. (2007). What good is a scientist in the classroom? Participant outcomes and program design features for a short-duration science outreach intervention in K-12 classrooms. *CBE - Life Sciences Education*, 6 (1), 49-64. <http://dx.doi.org/10.1187/cbe.06-05-0165>.
16. Clark, G.; Russell, J.; Enyeart, P.; Gracia, B.; Wessel, A.; Jarmoskaite, I. y Roux S. (2016). Science educational outreach programs that benefit students and scientists. *PLOS Biology*, 14(2), e1002368. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.1002368>.
17. Tsybulsky, D. (2019). Students meet authentic science: the valence and foci of experiences reported by high-school biology students regarding their participation in a science outreach programme. *International Journal of Science Education*, 41 (5), 567-585. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2019.1570380>.
18. Bonny, S. M. (2018). Effective STEM outreach for indigenous community contexts – Getting it right, one community at a time! *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26 (2), 14-34.
19. Vollbrecht, P. J.; Frenette, R. S. y Gall, A. J. (2019). An Effective Model for Engaging Faculty and Undergraduate Students in Neuroscience Outreach with Middle Schoolers. *J Undergrad Neurosci Educ.*, 17(2), A130-A144. PMC: 6650255.

20. Toma, R. B.; Greca, I. M. y Orozco Gómez, M. L. (2018). Una revisión del protocolo Draw-a-Scientist-Test (DAST). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3104. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3104.
21. Miller, D. I.; Nolla, K. M.; Eagly, A. H. y Utall, D. H. (2018). The Development of Children's Gender-Science Stereotypes: A Meta-analysis of 5 Decades of US Draw-A-Scientist Studies. *Child Development*, 89 (6), 1943-1955. <http://dx.doi.org/10.1111/cdev.13039>.
22. Rennie, L. J. (2012). A very valuable partnership: Evaluation of the scientists in schools project 2011-12. *Dickson, ACT, CSIRO Education*. <https://www.csiro.au/~media/Education-media/Files/STEM-Prof-Schools/SiS-Evaluation-Report-2011-2012.pdf>.
23. Hulleman, C. S. y Harackiewicz J. M. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *Science*, 326 (5958), 1410-1412. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1177067>.
24. Catálogo de Conferencias CSIC para centros educativos, <https://www.d-madrid.csic.es/catalogoconferencias/>.
25. Martín-Sempere, M. J.; Garzón-García, B. y Rey-Rocha, J. (2008). Scientists' Motivation to Communicate Science and Technology to the Public: Surveying Participants at the Madrid Science Fair. *Public Understanding of Science*, 17, 349-67. <http://dx.doi.org/10.1177/0963662506067660>.
26. Díaz, N. y Jiménez, N. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (1), 54-70.
27. Cassany, D. (2012). *En línea. Leer y escribir en Red*. Barcelona: Anagrama.
28. Shermer, M. (2008). *Por qué creemos en cosas raras. Pseudociencia, superstición y otras confusiones de nuestro tiempo*. Barcelona: Alba Editorial.
29. Simmoneaux, L. y Simmoneaux, J. (2009). Socio-scientific reasoning influenced by identities. *Cultural Studies of Science Education*, 4(3), 705-711. <http://dx.doi.org/10.1007/s11422-008-9145-6>.
30. Laursen, S. L.; Thiry, H. y Liston, C. S. (2012). The impact of a university-based school science outreach program on graduate student participants' career paths and professional socialization. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, 16(2), 47-78.
31. Martín Sempere, M. J. y Rey Rocha, J. (2007). *Cicotec. El papel de los científicos en la comunicación de la ciencia y la tecnología a la sociedad. Actitudes, aptitudes e implicación*. Publicación Madrl+D, Colección mi+d30. Biblioteca virtual de la Comunidad de Madrid. <http://www.comunidad.madrid/publicacion/1354386768204>.
32. Torres-Albero, C.; Fernández-Esquinas, M.; Rey-Rocha, J. y Martín-Sempere, M. J. (2011). Dissemination practices in the Spanish research system: scientists trapped in a golden cage. *Public Understanding of Science*, 20 (1), 12-25. <http://dx.doi.org/10.1177/0963662510382361>.