

# La cultura científica en las clases de ciencias: comunidades de aprendizaje

*Scientific culture in the science classrooms: communities of learners*

**María Pilar Jiménez Aleixandre**

Los programas educativos pueden llevar al error de creer que la cultura científica no es parte de la Cultura con mayúsculas. La ciencia, además de ser *parte* de nuestro patrimonio cultural, es también una *forma* de cultura. Si la comunicación falla no es posible compartir el conocimiento. Es decir, el aprendizaje de la cultura científica incluye, además de comprender y usar modelos y conceptos, desarrollar las destrezas de comunicación.

Education programmes can lead to erroneously think that scientific culture is not a part of the Culture in capital letters. Science, besides being *part* of our cultural heritage, is also a *type* of culture. If the communication fails knowledge cannot be shared. That is to say, scientific culture learning includes, besides understanding and using models and concepts, developing communication skills.

¿Qué es la cultura científica? ¿Cómo puede aprenderse? ¿Cuál es la mejor forma de enseñarla? Aunque las respuestas a estas preguntas podrían variar según quien las conteste, entre quienes nos dedicamos a investigar el aprendizaje de las ciencias, se consideran como dimensiones de la cultura científica, entre otras:

- en primer lugar, la capacidad de interpretar fenómenos naturales;
- en segundo, la de comprender mensajes, informaciones, textos de contenido científico y, en su caso, de producirlos,
- y, en tercero, la de evaluar enunciados o conclusiones de acuerdo con los datos o justificaciones que los apoyan.

Antes de preguntarnos cómo se aprenden y se enseñan estas capacidades, conviene quizá referirnos al contexto español en el que, en mi opinión, la ciencia no se considera parte de la cultura general en el mismo sentido que las humanidades y las artes, contempladas como patrimonio cultural de toda la población mientras que las ciencias se consideran dominio de los *especialistas*.<sup>1</sup> Podemos suponer que la mayoría de las personas cultas en España reconocen «*Nuestras vidas son los ríos / que van a dar a la mar / que es el morir*» como un poema de Jorge Manrique o identifican la silueta de una menina de Velázquez. Sin embargo, muchas de ellas no distinguen un abedul de un olmo y llaman «mármol» al granito o al gabro pulidos. Una médica, especialista en salud pública, explica así el incremento de la resistencia a los insecticidas de los piojos y por qué desaconseja las colonias: «Dejas poca cantidad de insecticida en el pelo, de manera que el piojo, lejos de morir, aprende y se hace resistente»,<sup>2</sup> reproduciendo interpretaciones lamarckistas, que atribuyen cambios biológicos a la adquisición individual de resistencia, no a cambios de frecuencia en la población por supervivencia de los resistentes.

¿Cómo está contemplado en los programas educativos el aprendizaje de la cultura científica? Creo que la idea de que la cultura científica no es parte de la Cultura con mayúsculas está implícita en artículos y declaraciones que lamentan una supuesta preeminencia de la ciencia y la tecnología en los programas educativos, cuando lo cierto es que un análisis estadístico muestra que las ciencias han perdido peso: recordemos que al implantarse la LGE en 1970 contaban en los dos primeros años de bachillerato con 5 (en 1º BUP) y 4 (en 2º BUP) horas semanales, frente a las 4 + 3 (estas últimas optativas) en el segundo ciclo de ESO actual, lo que equivale a una considerable reducción que, sin embargo, no se ha visto acompañada del correspondiente ajuste de los contenidos en los programas. Hay que aclarar que, para el aprendizaje de las ciencias, es tan importante contar con suficiente número de horas como

que los programas permitan dedicar tiempo a desarrollar las capacidades a las que nos hemos referido anteriormente. Aunque se puede aprender de memoria la definición de selección natural o el principio de Arquímedes, es necesario practicar con distintos ejemplos hasta ser capaz de aplicarlos a diferentes situaciones. ¿Y aprender a manejar un microscopio, a interpretar un mapa geológico o a determinar la concentración de una disolución? Son cosas que se aprenden practicándolas, dedicando tiempo a hacerlas más de una vez. Hay quien cree que los programas escolares deben ser una lista interminable de conocimientos, pero la investigación ha mostrado hace años que dar una lección sobre un tema no garantiza automáticamente su aprendizaje si no se dedica tiempo a que los estudiantes pongan en práctica los nuevos conocimientos.

### ¿Cómo puede aprenderse la cultura científica?

La ciencia, además de ser *parte* de nuestro patrimonio cultural, es también una *forma* de cultura. Si, como se mantiene desde la perspectiva de la cognición situada,<sup>3</sup> el aprendizaje de un campo debe insertarse en la cultura de ese campo, el aprendizaje de las ciencias estará vinculado a la inmersión en la cultura científica. Decir que «la cognición está situada» significa que los conocimientos no pueden abstraerse de las situaciones en las que se aprenden y utilizan. Igual que un aprendiz en un taller mecánico aprende para qué sirven las herramientas viendo cómo se usan y usándolas, inmerso en la cultura del oficio, los recursos o herramientas (conocimientos, métodos de trabajo) propios de la cultura científica deberían aprenderse por inmersión en un contexto adecuado. Para comprender en profundidad conocimientos y herramientas hay que usarlos. La cultura de la ciencia, como la de una profesión o la de un oficio, es un conjunto de conocimientos teóricos y prácticos, teniendo en cuenta que en este contexto el término *prácticos* no se refiere únicamente a manipulaciones o manejo de instrumentos, sino también a la movilización de conceptos y modelos, a familiarizarse, por ejemplo con los métodos que tiene la ciencia para elegir entre varias teorías o hipótesis alternativas la que se corresponde mejor con los datos o justificaciones disponibles.

Sin embargo, lo que a veces se pide a los estudiantes es que usen las herramientas de una disciplina sin que hayan adoptado su cultura, y quizás ésta sea una de las razones de las dificultades que experimentan para utilizar el conocimiento científico, para resolver problemas siguiendo las formas de trabajo de las ciencias.

Desde la educación se han vuelto los ojos a la sociología de la ciencia, en un intento por crear en las clases de ciencias ambientes de aprendizaje que favorezcan esta inmersión en la cultura científica. Latour y Woolgar<sup>4</sup> han analizado la cultura de un laboratorio de investigación en neuroendocrinología, como un antropólogo estudia la cultura de los indígenas en un país distante. Uno de los aspectos puesto de manifiesto en su estudio es la importancia de la *comunicación*, de las discusiones, conversaciones, comentarios informales e informes escritos como procesos por los que los científicos y científicas transforman datos, dando significado a sus observaciones. Aunque en la mitología popular sobre la ciencia se cree que los datos son evidentes, que «golpean» al observador casi físicamente, como la manzana de Newton, quizá sea más adecuado considerar que un mismo dato puede ser interpretado de distintas formas. La experiencia de Francesco Redi, en 1668, comparando lo ocurrido con dos pedazos de carne, uno tapado con una gasa y otro destapado, con el resultado de la aparición de cerasas o larvas de mosca sólo en el segundo, es considerada hoy día la primera refutación experimental de la generación espontánea. No obstante, para el propio Redi, esto era una prueba de que los insectos, y en concreto las moscas, se reproducían sexualmente y nacían de huevos, pero siguió afirmando que los gusanos intestinales o las larvas xilófagas surgían por sí mismos. La experimentación es importante, pero también lo es la comunicación, el uso del lenguaje científico, la construcción de nuevos significados.

Lo que muestran los estudios de Latour y Woolgar, y de otros autores, es que los datos, los resultados de los experimentos deben ser *interpretados*, es decir, narrados de otra forma,

antes de pasar a ser tratados como hechos por la comunidad científica. Si la comunicación falla y la comunidad no se da por enterada, los nuevos trabajos no pasan a formar parte del conocimiento científico compartido. Así ocurrió, por ejemplo, con los mecanismos de la herencia estudiados por Mendel, publicados en 1866 en una revista de no mucho impacto e incomprensidos, quizás entre otras cosas por su novedoso tratamiento estadístico de los datos.<sup>5</sup> Debido a ello el desarrollo de la genética se retrasó durante, al menos, 40 años. En otras palabras, el aprendizaje de la cultura científica incluye, además de comprender y usar modelos y conceptos, desarrollar las destrezas de comunicación en relación con mensajes de contenido científico, la capacidad de comprender y emitir mensajes científicos. Hay que tener en cuenta que estos mensajes utilizan distintos lenguajes, además de textos escritos (u orales), lenguajes específicos de las ciencias, sistemas de símbolos como las curvas de nivel que representan el relieve en los mapas topográficos, la formulación química, los vectores, o la notación genética entre otros. A veces en el aprendizaje, tiene tanta importancia distinguir entre el uso que se hace de un término en el lenguaje científico y en el lenguaje cotidiano como aprender términos nuevos. Pensemos en lo que significan en física *fuerza* o *trabajo*, y cómo usamos esas palabras a diario; algo semejante ocurre con *vivo*, *respiración* o *mutante*. Es importante prestar atención a los aspectos relacionados con la comunicación y el lenguaje en la clase de ciencias, sin ellos la cultura científica no será completa.

### ¿Cómo podemos enseñar la cultura científica?

Esta pregunta también puede formularse así: ¿podemos convertir las clases de ciencias en lugares donde el alumnado experimente una inmersión en la cultura científica? Quizás en primer lugar conviene aclarar que esto, además de posible, es deseable. Es necesario aclararlo, ya que hay quien piensa que no todas las personas necesitan una cultura científica, puesto que sólo unas pocas se van a dedicar profesionalmente a la investigación o a enseñar ciencias. Sin embargo, hay muchos lugares o situaciones donde se usa la ciencia o se participa en ella, además de los laboratorios de investigación,<sup>6</sup> lugares como el sistema judicial, las asociaciones ecologistas, de consumidores o de apoyo a algunas enfermedades como el sida o la de Crohn. Por otra parte, es difícil que la ciudadanía pueda participar en la toma de decisiones sobre cuestiones como la energía nuclear, la clonación terapéutica o los organismos transgénicos si no posee una cultura científica. Ciertamente, la cuestión de si la formación en la cultura científica ha de ser dirigida a todos los estudiantes o a unos pocos tiene consecuencias en el diseño de los itinerarios educativos, pues si se segrega a una parte del alumnado a una edad temprana, se les priva de la oportunidad de acceder a conocimientos necesarios en la sociedad contemporánea.

En mi opinión, una forma de lograr la inmersión en la cultura científica es transformar las clases de ciencias en lo que Ann Brown ha llamado *comunidades de aprendizaje*. En las comunidades de aprendizaje la responsabilidad de aprender se comparte entre profesorado y alumnado y, un aspecto importante, el trabajo del aula gira en torno a la resolución de problemas, sobre todo de los llamados problemas *auténticos*. Es decir, el propio diseño de las clases se corresponde con lo que es la esencia del trabajo científico: resolver problemas de los que no se conoce la solución. En este contexto se entiende por actividades o problemas auténticos los que están enmarcados en la cultura científica, por oposición a problemas escolares estereotipados que tienen poca relación con ella. Algunas características de los problemas auténticos son:

*Contexto*: Están contextualizadas en la vida real, en situaciones familiares (lo que no significa necesariamente domésticas, pudiendo ser de otros países conocidas por los medios de comunicación o la red), mejor que en un contexto abstracto. Lo importante es que resulten relevantes para el alumnado, que perciba su utilidad para la vida. Las actividades auténticas no tienen por qué ser verdaderas, aunque en algunos casos se trata de problemas reales.

*Apertura:* Son, preferiblemente, problemas abiertos, mal estructurados, como muchos problemas en la vida real, y el proceso de resolución tiene tanta importancia como la solución final. Al ser abiertos generan una variedad de respuestas posibles aún cuando, como ocurre con muchos problemas de ciencias, tengan una sola. La apertura puede ser entendida como variedad de soluciones o productos finales, lo que genera debate entre los estudiantes, favoreciendo la justificación de cada opción, o como diferentes procesos o caminos seguidos para su resolución.

*Proceso de resolución:* Es necesario poner en relación los datos disponibles con las posibles soluciones (o hipótesis de causas); elegir unas o descartar otras en función de los datos y justificaciones aportados, como ocurre en el trabajo científico.

### *Ejemplos*

Dos ejemplos de problemas auténticos, experimentados en el proyecto RODA, llevados a cabo en la Universidad de Santiago de Compostela, y financiados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT), son:

***El tubo de Budiño.***<sup>7</sup> Se informa a los alumnos a través de una carta (supuesta) que la Consellería de Medio Ambiente solicita de ellos un informe sobre la conveniencia o no de construir una red de colectores, como parte del plan de saneamiento de las riberas del río Louro. En el caso de que el informe sea negativo, debe proponerse una alternativa. Esta unidad se ha llevado a cabo en 17 sesiones por parte de Cristina Pereiro con 38 alumnos de 3º de BUP nocturno (de edades comprendidas entre 16 a 21 años) en un Instituto de Vigo, durante las clases de biología y geología. El problema de gestión ambiental, que en este caso es real, además de auténtico, fue elegido porque el plan de saneamiento presentaba tanto aspectos positivos, al estar el área muy contaminada por residuos industriales y urbanos, como negativos, al implicar la construcción de una red de más de 90 km de colectores de 2 m de diámetro que cruzará una laguna y un humedal incluidos en la red Natura 2000, destruyendo hábitats frágiles y raros donde viven, por ejemplo, algunas de las escasas plantas insectívoras de Galicia. No tenía, por tanto, una respuesta obvia. Los estudiantes, trabajando en seis equipos, realizaron una visita a la zona, recogieron información de estudios de fauna y flora, y de los proyectos oficiales y elaboraron sus informes, con conclusiones variadas, uno positivo, y cinco proponiendo alternativas desde modificar el trazado de los colectores para preservar la laguna, hasta situar las depuradoras junto a las fábricas, para evitar canalizar el agua (lo que equivale a retirarla del humedal). En conjunto, se comportaron como una comunidad de expertos, llegando a debatir sus propuestas con el presidente de una asociación ecologista y con el ingeniero autor del proyecto.

***Al rescate del U-201 Wolf.***<sup>8</sup> Se informa a los alumnos a través de una noticia de periódico (simulada) de que el ayuntamiento convoca un concurso para sacar a flote el submarino *U-201 Wolf* de la Segunda Guerra Mundial hundido en la ría de Vigo. La tarea es construir un modelo de «submarino», hundirlo en una cubeta con agua y sacarlo a flote. Ha sido llevado a cabo por Miguel Bernal con estudiantes de 4º de ESO. Como en el caso anterior, ya en la primera sesión se aclara que es una simulación y que el concurso es ficticio, aunque es cierto que el submarino está hundido en la ría.

En ambos casos, los conceptos científicos necesarios para resolverlo, por ejemplo en el del submarino a flotación, son parte del programa de ese nivel y se encuentran en los libros de texto, lo que es diferente es el tratamiento en clase, la forma en que se implica a los adolescentes en la resolución de un problema que pueden reconocer como parte de la vida real.

Por desgracia, en el momento de redactar este artículo desde Galicia, la marea negra provocada por el hundimiento del *Prestige* proporciona un gran número de ejemplos de la relevancia de la cultura científica. Por citar sólo algunas de las afirmaciones que tienen más directa relación con las ciencias: «El destino del fuel en el fondo del mar es convertirse en adoquín»<sup>9</sup> o «El vicepresidente explicó también que los expertos consultados por el Gobierno español coinciden en señalar que lo más probable es que el fuel que permanece en las bodegas del barco hundido se haya solidificado y no salga a la superficie».<sup>10</sup>

En relación con la segunda de estas noticias se señalan la profundidad (3500 m) y la temperatura (2 °C). Las cuestiones implicadas son, en primer lugar, los cambios de estado físico y el paso de líquido a sólido, y, en segundo, la flotación. Formulado como pregunta sería: ¿es probable que el fuel se solidifique en el fondo del mar? ¿En caso de que se solidifique, impediría esto que flotase hacia la superficie? Afirmar que el fuel se va a solidificar a 2 °C parece dar por supuesto que todas las sustancias tienen un punto de fusión semejante al agua, cuando no es así. El fuel del *Erika*, por ejemplo solidifica a 46 °C bajo cero y el del *Prestige* debe hacerlo a una temperatura similar. Claro que difícilmente podría ser de otra manera si pensamos que el fuel es utilizado como combustible por rompehielos y otros vehículos que tienen que operar a temperaturas inferiores a cero. Es fácil –al menos en Galicia, donde el fuel es ahora ubicuo y abundante– tomar una muestra y meterla en el congelador para comprobar experimentalmente que no se solidifica. Otra cosa es que su viscosidad cambie con la temperatura y que si ésta es muy baja, dejase de fluir. En cuanto a la posibilidad de que al solidificarse no flotase, no puede olvidarse que hay cuerpos sólidos que flotan, pero la cuestión relevante en este caso es la densidad del fuel del *Prestige*, menor que la del agua dulce (diferentes muestras dan valores alrededor de 0,995)<sup>11</sup> y, por supuesto, que el agua de mar, por lo que en cualquier caso flotaría sobre ella.

La realidad proporciona continuamente ejemplos que permiten poner en juego en el aula los conocimientos y destrezas que forman parte de la cultura científica. Partiendo de problemas relevantes, que despierten el interés de los estudiantes, es posible activar en el aula comunidades de aprendizaje, verdaderas comunidades de pensamiento. Es un camino hacia una ciudadanía más culta, que pueda tomar decisiones informadas, que tenga la capacidad de criticar las que no se apoyan en criterios científicos.

## Agradecimientos

El proyecto RODA (Razonamiento, Debate, Argumentación) está financiado por el MCYT y los fondos FEDER, código BSO2002-04073-C02-02.

## Bibliografía y notas

[1] JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (COORD.), CAAMAÑO, A., OÑORBE, A., PEDRINACI, E. Y DE PRO, A.: *Enseñar Ciencias*, Barcelona, Graó, 2003.

<sup>2</sup> *El País*, 11.04.2000.

<sup>3</sup> BROWN J.S., COLLINS A. Y DUGUID P.: «Situating cognition and the culture of learning», *Educational Researcher* 1989; 18: 32-42.

<sup>4</sup> LATOUR, B. Y WOOLGAR, S.: *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza Universidad, 1995.

<sup>5</sup> JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. Y FERNÁNDEZ PÉREZ, J.: «El ‘desconocido’ artículo de Mendel y su empleo en el aula», *Enseñanza de las Ciencias* 1987; 5: 239-246.

<sup>6</sup> MCGINN, M. Y ROTH, W.-M.: «Preparing Students for competent scientific practice: Implications of recent research in Science and Technology Studies», *Educational Researcher* 1999; 28: 14-24.

<sup>7</sup> AZNAR V. Y PEREIRO C.: «Una consultora en 3º de BUP: ¿Construir un colector?», *Alambique* 1999; 20: 29-36

<sup>8</sup> BERNAL M., ÁLVAREZ V. Y JIMÉNEZ M.P.: «Ao rescate do U-201 Wolf: unha experiencia no proxecto

RODA», *Boletín das Ciencias* 1997; 32: 61-66.

<sup>9</sup> Declaraciones de Arsenio Fernández de Mesa, delegado del Gobierno en Galicia, publicadas en *La Voz de Galicia*, 19.11.2002.

<sup>10</sup> *O Correo Galego*, 23.11.2002. (El vicepresidente aludido es Mariano Rajoy.)

<sup>11</sup> [www.ifremer.fr/cedre](http://www.ifremer.fr/cedre).

### **María Pilar Jiménez Aleixandre**

Doctora en Biología por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), con una tesis sobre el aprendizaje de la selección natural que mereció un premio nacional de investigación educativa (en su conjunto) en 1991 y el premio de investigación Xunta de Galicia, Ciencias Sociales (a una publicación derivada de ella) en 1996. En la actualidad es profesora de Didáctica de Ciencias y Educación Ambiental en la Universidade de Santiago de Compostela (USC). Desde 1994 dirige un proyecto de investigación sobre el discurso y la comunicación en las clases y laboratorios de ciencias. Forma parte del consejo asesor de las principales revistas de didáctica de ciencias internacionales y españolas, y ha pertenecido a los comités ejecutivos de las asociaciones European Science Education Research Association (ESERA) e International Union Biological Sciences (IUBS). Actualmente dirige un proyecto sobre las noticias ambientales en la prensa gallega.

[ddmaleix@usc.es](mailto:ddmaleix@usc.es)