

# CONSENSOS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

VÁZQUEZ<sup>1</sup>, ÁNGEL; ACEVEDO<sup>2</sup>, JOSÉ ANTONIO; MANASSERO<sup>3</sup>, MARÍA ANTONIA y ACEVEDO<sup>4</sup>, PILAR

<sup>1</sup> Facultad de Educación. Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca. <angel.vazquez@uib.>

<sup>2</sup> Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva. <ja\_acevedo@vodafone.es>

<sup>3</sup> Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca. <ma.manassero@uib.es>

<sup>4</sup> IES Ramón Olleros Gregorio, Béjar (Salamanca). <pi\_acevedo@yahoo.es>

---

**Palabras clave:** Enseñanza de las ciencias; Naturaleza de la ciencia; Consenso empírico; Alfabetización científica y tecnológica; Educación CTS.

## OBJETIVO

La enseñanza tradicional transmite a los estudiantes una visión de la ciencia como conocimiento definitivo y, por tanto, autoritario, dogmático e incontestable. Además está desfasada, pues se corresponde con la ciencia del pasado, pero no con la tecnociencia contemporánea. Para superar esta visión, hay cada vez mayor consenso entre los especialistas para incluir explícitamente la naturaleza de la ciencia (NdC en adelante) como contenido curricular esencial para la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas. De ahí su presencia en los currículos de ciencias reformados en diversos países durante la década de los noventa (McComas y Olson, 1998).

La inclusión de contenidos de NdC en el currículo de ciencias plantea dos obstáculos principales. Primero, la falta de acuerdo sobre muchas cuestiones de NdC por su carácter poliédrico, dialéctico y cambiante, que contrasta con el carácter más acabado de los contenidos convencionales. Segundo, la escasa preparación del profesorado de ciencias, puesto que la NdC no suele ser una parte explícita de su formación.

Esta comunicación analiza el primero de los obstáculos, la complejidad de la NdC, sobre la que hay dos corrientes de opinión. Una afirma que no es posible alcanzar consensos sobre NdC y, por tanto, debería renunciarse a incluirla en la educación científica o, en el mejor de los casos, hacerlo de manera muy limitada. La otra sostiene que es posible encontrar algunos consensos y, en consecuencia, introducir la NdC en la enseñanza de las ciencias a partir de estos acuerdos.

## MARCO TEÓRICO

Algunos estudios han afrontado empíricamente la cuestión del consenso sobre NdC en los últimos años. En una encuesta a 210 filósofos, Alters (1997) concluyó que tienen importantes desacuerdos en los temas más básicos de la epistemología de la ciencia. McComas y Olson (1998) analizaron 8 currículos de ciencias reformados de diversos países anglófonos, cuyos contenidos muestran acuerdos sobre NdC que se concre-

tan en 16 propuestas de consenso. Osborne et al. (2003) han aplicado una metodología Delphi en tres etapas con la participación de 23 expertos, cuyos resultados empíricos les permiten establecer un consenso acerca de algunas “*ideas sobre la ciencia*” que deberían enseñarse. Sin embargo, la mayoría de estos trabajos están sesgados hacia la epistemología de la ciencia.

Por el contrario, la presente investigación se sustenta en el marco teórico para la enseñanza de las ciencias del movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), que promueve la comprensión de la ciencia y la tecnología y el ejercicio de la responsabilidad social para tomar decisiones democráticas en asuntos tecnocientíficos. Desde esta perspectiva más amplia, no restringida a lo epistemológico, esta comunicación expone pruebas empíricas a favor de la existencia de acuerdos sobre temas de NdC, describiéndose los consensos logrados.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

### **1. Aspectos metodológicos**

Como instrumento de la investigación se ha empleado el Cuestionario de Opiniones sobre CTS (COCTS), constituido por 100 cuestiones con 637 frases en total, que reflejan distintas posiciones sobre NdC desde una óptica CTS.

La valoración de las cuestiones del COCTS por un panel de 16 jueces expertos en NdC y CTS ha permitido decantar los acuerdos. Cada juez recibió instrucciones escritas explicándole el objetivo de la investigación y la tarea a realizar, que es valorar la adecuación de cada frase del COCTS en una escala de nueve puntos (1-9). Se considera que hay consenso cuando una mayoría cualificada de dos tercios de jueces (11) asignan 7, 8 ó 9 puntos a una frase. En tal caso, el contenido de la frase es adecuado y podría ser susceptible de abordarse en el currículo de ciencias.

La metodología debe garantizar un número mínimo de jueces expertos en NdC por sus actividades profesionales, publicaciones, participaciones en congresos, etc. La muestra definitiva se constituyó con 16 jueces que cumplieran estas condiciones, de los cuales 5 son mujeres. Hay 4 licenciados en filosofía, uno de ellos a la vez en ciencias, mientras que los 12 restantes son licenciados en ciencias –física, química, biología y geología–. Los jueces ejercen profesionalmente como profesores de secundaria (5), asesores de ciencias de centros de formación del profesorado (4), profesores de universidad e investigadores (7); la mayoría de ellos (12) tienen una amplia actividad investigadora reconocida en el ámbito de la didáctica de las ciencias o en la educación CTS (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

### **2. Resultados**

De las 637 frases del COCTS, 41 alcanzaron o superaron el criterio establecido y pueden considerarse representativas del consenso sobre NdC entre los 16 jueces (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). A continuación se exponen con brevedad los acuerdos conseguidos, distribuidos en cuatro ámbitos: (i) epistemología, que agrupa dos de las dimensiones originales del COCTS: definiciones de ciencia y tecnología y epistemología de la ciencia; (ii) influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad; (iii) influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología; y (iv) sociología interna de la ciencia y la tecnología.

#### **2.1 Epistemología**

Hay acuerdo en tres frases relativas a las relaciones mutuas entre ciencia y tecnología, que tienen en común la profunda interacción entre ambas que exige su desarrollo simultáneo a través de I+D+I. También es importante destacar que ninguna de las dos cuestiones en las que se proponían, respectivamente, una definición explícita para la ciencia y la tecnología ha conseguido el consenso, lo cual demuestra la dificultad de llegar a un acuerdo sobre lo que es la ciencia y la tecnología.

Las cuestiones correspondientes a la dimensión epistemológica que alcanzan un consenso corresponden a: (i) la carga teórica de la observación científica; (ii) la naturaleza provisional y dinámica del conocimiento científico, que permite establecer distintos sistemas de clasificación; (iii) el carácter provisional del conocimiento científico, reinterpretado a la luz de nuevos descubrimientos; (iv) el progreso de la ciencia por la confirmación de hipótesis, pero también mediante la refutación de teorías y suposiciones; (v) la importancia de la originalidad y la creatividad en el trabajo científico; (vi) la utilidad para aprender más de los errores en la investigación científica; (vii) la distinción entre correlación y causalidad en el razonamiento lógico basado en la inferencia estadística; y (viii) el estatus epistemológico del conocimiento científico, según el cual los científicos inventan hipótesis, teorías y leyes para interpretar la naturaleza –constructivismo instrumental–, pero no inventan lo que es la naturaleza –realismo ontológico–.

## ***2.2 Influencia de la sociedad sobre la ciencia y tecnología***

En el plano general, se reconoce la interacción simultánea entre ciencia, tecnología y sociedad, así como que ésta siempre tiene lugar en todos los sentidos posibles. La influencia general de la sociedad en la ciencia se justifica por el control que se ejerce mediante las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones científicas.

La contribución de factores concretos se refiere a que: (i) el gobierno influye diseñando la política científica del país, lo que afecta a los proyectos que realizan los científicos; (ii) la educación científica debe proporcionar a los estudiantes oportunidades para estudiar más ciencias, pero un tipo de ciencia escolar diferente al habitual, que sea capaz de mostrar la influencia de la ciencia y la tecnología en sus vidas diarias; (iii) comprender de qué manera se usan éstas en el país para estar mejor informados, formarse opiniones más rigurosas y mejorar sus contribuciones cívicas como ciudadanos; y (iv) se considera que el estímulo para aumentar el número de científicos del país debe ser un esfuerzo conjunto de las familias, las escuelas y la comunidad.

## ***2.3 Influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad***

Los consensos alcanzados en este ámbito han sido muy numerosos: (i) de modo general, la sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología; (ii) los científicos se preocupan de los efectos de sus descubrimientos, pero posiblemente no los conocen todos, sobre todo si son a largo plazo; (iii) los ciudadanos tienen derecho a que los científicos les informen de sus descubrimientos de una manera inteligible; (iv) la influencia mundial de los efectos de la contaminación de las industrias, al margen de donde ésta se produzca, y, por tanto, la necesidad de reducirla tanto como sea posible en el mismo lugar donde se produce, pues trasladar la industria a otros sitios no es una manera responsable de resolver estos problemas; (v) las decisiones sobre asuntos tecnocientíficos que conciernen a la sociedad deben ser tomadas teniendo en cuenta las opiniones de científicos, ingenieros, otros especialistas y ciudadanos informados; (vi) las decisiones morales corresponden a las personas, pues la ciencia y la tecnología sólo pueden aportar información básica; (vii) la ciencia y la tecnología pueden ayudar a tomar decisiones legales en ocasiones, por ejemplo desarrollando formas de recoger pruebas y testificando en un tribunal de justicia sobre las pruebas físicas de un caso; (viii) lo más adecuado es mantener un gasto equilibrado entre la inversión pública en ciencia y tecnología y otras necesidades sociales; (ix) la ciencia y la tecnología tienen una capacidad limitada y no pueden resolver por sí mismas muchos problemas contemporáneos como el de la contaminación; (x) más tecnología puede mejorar el nivel de vida, pero no necesariamente la calidad de vida, porque también podría causar otros tipos de problemas; (xi) excepto cuando el tema es de su especialidad, los científicos y tecnólogos pueden ser engañados por los medios de comunicación de masas como cualquier otra persona; y (xii) los puntos de vista culturales de la sociedad son muy amplios y no sólo existen personas que son de “ciencias” o de “letras”, sino algunas que se interesan por ambas.

## ***2.4 Sociología interna de la ciencia y la tecnología***

De todas las cuestiones sobre las características de los científicos sólo se ha conseguido el consenso respecto a la influencia limitada de las creencias religiosas de los científicos en su trabajo, que a veces afectan a lo que hacen o a los problemas que escogen para trabajar. En cambio, el papel del género en la ciencia

ha suscitado diversos acuerdos basados en la equidad, tales como que: (i) no hay diferencias entre científicos y científicas en la manera de hacer ciencia, porque las posibles diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer sino que son debidas a diferencias individuales; (ii) hay muchos más científicos que científicas debido a los prejuicios del estereotipo social que hace que más hombres lleguen a ser científicos, aunque las mujeres sean tan capaces en ciencia como los hombres; y (iii) porque la imagen pública del científico ha desanimado a las mujeres y alentado más a los hombres, aunque esto está cambiando hoy en día.

A menudo, las controversias científicas han sido fuente de polémica entre los defensores de los factores epistémicos y los que abogan por otros no epistémicos. El consenso logrado reconoce la naturaleza poliédrica de estas controversias, donde confluyen ambos tipos. Los desacuerdos entre científicos pueden suceder por diversas razones, como ausencia de hechos, falta de información suficiente, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, búsqueda de reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos. Como en el caso anterior, la presencia de los aspectos epistémicos –hacer avanzar el conocimiento– y no epistémicos –hacer carrera profesional– en las motivaciones de los científicos para publicar, suele ser causa de polémica entre una visión idealista de la ciencia –investigar para conocer más– y otra más basada en la realidad profesional –necesidad de ganar credibilidad ante los colegas y las instituciones que financian la investigación–. El acuerdo conseguido por los jueces reconoce que ambos factores van unidos en la profesión científica, puesto que los científicos publican sus descubrimientos para conseguir beneficio personal, crédito, dinero o fama y para hacer avanzar la ciencia y la tecnología.

Por último, el consenso alcanzado acerca de las decisiones sobre el desarrollo tecnológico, considera que éste se encuentra muy ligado a intereses inmediatos y alejados de potenciales beneficios para la sociedad, pues muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero o conseguir poder, aunque sus desventajas fueran mayores que sus ventajas.

## CONCLUSIÓN

La investigación empírica llevada a cabo ha permitido identificar diversos acuerdos en ciertos aspectos de NdC a los que han prestado menos atención los estudios precedentes aquí citados –más centrados en lo epistemológico–, como son los relativos a las relaciones mutuas entre la sociedad con la ciencia y la tecnología, así como a la sociología interna de la ciencia y la tecnología. Además, los consensos en el ámbito social de NdC superan ampliamente a los propiamente epistemológicos.

Desde un punto de vista metodológico, la definición del consenso mediante un criterio de mayoría cualificada de jueces es útil para diferenciarlo del disenso, pero esta decisión tiene un carácter convencional, que condiciona de alguna manera los resultados obtenidos. Un criterio más exigente mostraría menos acuerdo, mientras que otro más laxo lo aumentaría. Además, el error de medida que afecta aleatoriamente a cualquier resultado podría hacer que algunas frases situadas dentro del intervalo de error, justamente por debajo del criterio mínimo adoptado –esto es, con el acuerdo de 10 jueces–, podrían constituir un conjunto de proposiciones potencialmente susceptibles de consenso. Investigaciones posteriores utilizando criterios similares serían de gran utilidad para confirmar estos resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTERS, B.J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34(1), pp. 39-55.
- MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2001). *Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura.
- MCCOMAS, W.F. y OLSON, J.K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, (pp. 41-

- 52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R. y DUSCHL, R. (2003). What “Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 40(7), pp. 692-720.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MANASSERO, M.A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición digital En <<http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>>.