



Revista Eureka sobre Enseñanza y
Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la
Ciencia: EUREKA
España

Vázquez-Alonso, Ángel; Manassero-Mas, María Antonia
La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión
de las aportaciones de la investigación didáctica
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 9, núm. 1, 2012, pp. 2-31
Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92024530002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica

Vázquez-Alonso, Ángel¹; Manassero-Mas, María Antonia²

¹ Departamento de Pedagogía Aplicada y Psicología de la Educación. Universidad de las Islas Baleares, España. angel.vazquez@uib.es

² Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares, España. ma.manassero@uib.es

[Recibido en febrero de 2011, aceptado en julio de 2011]

Este estudio presenta una revisión de los contenidos para la enseñanza de la llamada “naturaleza de la ciencia” (y tecnología) desde las diversas aportaciones de la investigación didáctica especializada sobre estas cuestiones. La visión que se presenta aquí está relacionada con y es dependiente de diversos conceptos modernos, tales como la situación de profunda interacción entre ciencia y tecnología en la actividad científica actual (tecnociencia), que se traduce en una visión de la educación científica donde también se integra la tecnología; el lema de la alfabetización científica y tecnológica para todos, como guía general para lograr educar la competencia científica de los estudiantes; y la naturaleza de la ciencia (y tecnología) como componente innovador de la alfabetización para todos. La revisión presenta las diversas propuestas de contenidos básicos para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (y tecnología) que se manejan usualmente en la literatura especializada, con el fin de iluminar la selección de los contenidos curriculares y contextualizar mejor las propuestas del currículo español de ciencias (que se abordará en la segunda parte de este estudio). El objetivo es ayudar al profesorado a clarificar los contenidos enseñables y aportar sentido a los nuevos contenidos en los currículos españoles de ciencias acerca de estas complejas cuestiones.

Palabras clave: naturaleza de la ciencia (y tecnología), preconcepciones alternativas, ideas de consenso, enseñanza de naturaleza de la ciencia, selección de contenidos curriculares.

The selection of content to teach nature of science and technology (part 1): A review of the contributions of science education research

This paper reviews the contents for teaching the so called "nature of science" (and technology) from the various inputs of science education research on these issues. The vision presented here is related to and dependent on many modern concepts such as the status of deep interaction between science and technology in the current scientific activity (techno-science), which translates into a vision of science education which integrates technology; the scientific and technological literacy for all motto, as a general guide to train the students' scientific competence; and the nature of science (and technology) as an innovative component of literacy for all. The review presents the various proposals of basic content for teaching nature of science (and technology) that are usually handled in the literature, in order to illuminate the choice of curriculum contents and better contextualize the Spanish science curriculum proposals (which will be addressed in a forthcoming paper). The goal is to help teachers to clarify the contents to be taught and make sense of the new content in Spanish science curricula on these complex issues.

Keywords: nature of science (and technology), science preconceptions, consensus ideas, teaching nature of science, curriculum content selection.

Alfabetización científica (y tecnológica)

La ciencia y la tecnología (CyT) tienen una presencia ubicua, notoria y significativa en la sociedad. Sus repercusiones en la economía, la política, la educación, la cultura, el ocio, etc. ponen de relieve su destacado papel en las decisiones, tanto personales como colectivas, en una sociedad globalizada como la actual. En consecuencia, una necesidad perentoria de la educación actual es que la ciudadanía alcance una comprensión básica sobre ciencia y tecnología, que sea útil para tomar y participar en dichas decisiones, con independencia de que

las trayectorias futuras, académicas y profesionales, estén, o no, relacionadas con CyT. Este conocimiento básico se conoce como alfabetización en ciencia y tecnología (DeBoer, 2000).

En este estudio se asume una visión integrada de ciencia y tecnología (CyT), que se deduce de análisis filosóficos y sociológicos bien conocidos – aunque no siempre bien aceptados –, que se concretan en el concepto de tecnociencia (Latour; 1992; Niiniluoto, 1997; Tala, 2009). Los sucesivos conceptos educativos propuestos se refieren siempre a este ente denominado tecnociencia.

La necesidad de alfabetizar científica y tecnológicamente a la sociedad se suele justificar por razones socioeconómicas, culturales, de autonomía personal, utilidad para la vida cotidiana, democráticas para la participación social en las decisiones sobre asuntos de interés público relacionados con la CyT, etc. (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005), a las que Jenkins (1997) añade la razón ética de la responsabilidad social que asumen científicos, técnicos, políticos y ciudadanos, en general.

La alfabetización en CyT se convierte, pues, en el objetivo básico y prioritario de una educación inclusiva y para todos. Asumir este lema verdaderamente implica que la enseñanza de las ciencias no puede ceñirse al mero conocimiento científico y tecnológico, sino que los objetivos educativos deberán tener un enfoque más holístico (p. e. desarrollo de competencias) y auténtica relevancia social, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando CyT intervienen en la sociedad (Holbrook, 2000). La idea de ciencia para todos pretende una enseñanza de la ciencia escolar que no excluya a nadie, afrontando más bien la búsqueda de un equilibrio entre inclusión y relevancia significativa para todo el alumnado.

Hoy se acepta que la alfabetización en CyT esta formada por dos componentes: i) los conceptos y teorías de la CyT (los tradicionales conceptos, hechos y principios “de” ciencia y tecnología que forman el cuerpo de leyes y teorías científicas); ii) los innovadores conocimientos “sobre” la ciencia y tecnología, que permiten comprender como funcionan la ciencia y tecnología (CyT). Este segundo componente de la alfabetización se denomina naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT) y constituye el reto más innovador y arduo para los profesores de ciencias. En los últimos años ha sido incorporado de diversas maneras en los currículos escolares de numerosos países, y nunca antes se había planteado con la extensión y profundidad actuales. El objetivo de este estudio es clarificar las ideas básicas que la investigación ofrece sobre este contenido curricular innovador (Vázquez y Manassero, 2007; Vázquez et al., 2005).

La naturaleza de la ciencia y tecnología y la educación científica

Aunque hace décadas que el término NdCyT se viene reclamando como elemento básico de la educación científica, en la década de 1990 ha tenido un impulso destacado al implementarse en los currículos escolares de ciencia como objetivo básico (Acevedo et al., 2005; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005) y, por ende, como componente esencial de la alfabetización científica (DeBoer, 2000; Millar, 2006).

El lema de naturaleza de ciencia y tecnología (NdCyT), que se debería denominar más exactamente como naturaleza del conocimiento científico y tecnológico, es un conjunto de meta-conocimientos sobre la CyT que surgen de las reflexiones interdisciplinares sobre qué son y cómo funcionan CyT, realizadas por los especialistas en filosofía, sociología e historia de la CyT, así como por algunos científicos y expertos en didáctica de las ciencias (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007a, b; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). Los rasgos que caracterizan la NdCyT son complejos, por múltiples y polifacéticos, y además de ser

evolutivos y cambiantes (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001); entre otros, qué es CyT, su funcionamiento interno y externo, los métodos que emplea para construir, desarrollar, validar y difundir el conocimiento que produce, los valores implicados en las actividades científicas, las características de la comunidad científica, los vínculos entre ciencia y tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecno-científico y, viceversa, las aportaciones de éste a la cultura y progreso de la sociedad (Acevedo et al., 2007a,b; Vázquez et al., 2007a,b; entre otros).

Desde la didáctica de las ciencias hay, fundamentalmente, dos tendencias en relación con la demarcación del término NdCyT (Acevedo, 2008; Vázquez et al., 2004). Algunos autores prestan especial atención a los aspectos epistemológicos o epistemología de la ciencia, es decir, los rasgos, supuestos y valores inherentes al conocimiento científico; para otros, la NdCyT es un concepto que va más allá de la epistemología, englobando además aspectos sociológicos e históricos (Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Lederman, 1992, 2007; Vázquez, et al. 2001). Esta última perspectiva es más holística y completa, pues comprende todos los aspectos (epistemológicos, sociológicos y psicológicos), relativos tanto a la ciencia como a la tecnología, y especialmente las relaciones de interacción e interdependencia entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Las razones aludidas anteriormente para justificar la alfabetización en CyT, sirven también, para justificar la integración de la NdC en los currículos escolares de ciencia, en aras de lograr una alfabetización científica y tecnológica para todos. No obstante, en el caso específico de la NdCyT cabría considerar dos razones adicionales importantes: una razón de alfabetización y otra razón lógica. La primera es consecuencia del reconocimiento de la NdCyT como un componente esencial de la alfabetización científica, y ha sido sucintamente delineada en los párrafos anteriores.

La segunda razón se justifica por el peso lógico de la NdCyT para la educación en ciencias: si la NdC es un conjunto de principios válidos en el reino de la ciencia, la enseñanza de la ciencia, lógicamente, no puede ser ajena a con esos principios o incoherente con ellos. Si lo fuera, la educación científica estaría ciega (desprovista de sentido) y se reduciría, como desgraciadamente sucede con más frecuencia de lo deseado, a una mera acumulación de contenidos desconectados. Los principios de NdCyT son un meta-conocimiento sobre la ciencia (y tecnología) que dan cuenta del qué, el cómo, el por qué y el para qué de las actividades científicas. Por analogía, proveen la meta-justificación y el sentido global que debe tener la educación científica, de modo que todos los elementos y las actividades del currículo escolar deben ser lógicamente coherentes con (y no contradecir a) los principios de NdCyT. Los principios propios de la ciencia para la validación del conocimiento deben empapar e impregnar toda la educación científica, de modo que, la NdCyT ofrece el andamiaje global que da sentido y coherencia a toda la enseñanza de CyT (por qué y para qué enseñar ciencia). Por ejemplo, si se admite que la provisionalidad y el cambio es una cualidad inherente del conocimiento científico, la educación científica debe estimular y desarrollar aquellas propuestas educativas coherentes con la visión de CyT como disciplinas tentativas, siempre sujetas a debate y escrutinio. Por el contrario, debe evitar enseñar y realizar actividades docentes que sean incompatibles con esa cualidad, tales como identificar el conocimiento científico con verdades absolutas y acabadas, exigir de los estudiantes respuestas memorísticas o acríticas, realizar indagación siguiendo una mera receta, etc.

Naturaleza de la ciencia e indagación científica: diferentes, aunque parecidas

Los procesos de indagación científica se han considerado siempre un contenido ineludible e importante de la educación científica. Sin embargo, los enfoques metodológicos en la práctica

de las aulas han variado considerablemente, desde los planteamiento de actividades de descubrimiento autónomo, hasta la simpleza de prácticas de laboratorio como recetas prescriptivas en guiones a seguir, pasando por los proyectos de investigación, el enfoque de descubrimiento dirigido, etc.

Una mistificación acerca de la relación entre NdCyT e indagación, que es muy importante para la educación científica, se refiere a la inadecuada identificación entre ambas (Lederman, 2006, 2007; Acevedo, 2008). Ambos constructos son diferentes y la distinción es básica para un correcto enfoque de la enseñanza de la NdCyT. La indagación científica, enfocada como procedimientos científicos, tiene el estatus ontológico de destrezas, es decir, capacidades de saber hacer procesos básicos relacionados con la aplicación de la metodología científica (por ejemplo, observar, medir, diseñar, comunicar, interpretar, inferir, etc.). En cambio, la NdCyT tiene el estatus ontológico de meta-conocimiento, es decir, conocimiento sobre otros conocimientos; en este caso, conocimiento sobre los propios procedimientos y actividades de la ciencia, y por ello, está situado en un nivel ontológico superior (Driver et al., 1996).

Una analogía ilustrativa sobre la distinción entre ambos niveles de conocimientos puede ser más útil que mil argumentos: de la misma manera que saber conducir no requiere que el conductor conozca el funcionamiento del motor, dominar la ejecución de la destreza “observar”, no implica conocer los fundamentos epistemológicos que regulan la ejecución de la observación (p. e. la validez, alcance, significado, o valor de los datos observados, el sentido y los límites de la observación, etc.). El problema de la identificación de la NdCyT con los procedimientos de indagación científica es que induce a la errónea conclusión de que la práctica de procesos es una condición suficiente para aprender NdCyT. Dicho de otra forma, la implicación en actividades de investigación, de modo similar a los científicos, sería suficiente para adquirir concepciones adecuadas sobre NdCyT.

En suma, procesos y NdCyT son conocimientos con distinto estatus ontológico y, en consecuencia, también sus aprendizajes, de modo que para su logro, ambos aprendizajes deben ser tratados y enseñados explícitamente. En particular, el aprendizaje de los procesos no implica de forma automática el aprendizaje de NdCyT, aunque probablemente, podría favorecerlo en los aprendizajes relacionados. Los conocimientos de NdCyT deben enseñarse con atención independiente y explícita, sin esperar que el aprendizaje de destrezas produzca implícita o automáticamente el aprendizaje de NdCyT.

Consensos sobre contenidos de naturaleza de la ciencia y tecnología para la enseñanza

La complejidad y variabilidad dialéctica de los temas de NdCyT hacen difícil adoptar posiciones de acuerdo entre los especialistas, lo cual se traduce en una imagen de controversia donde coexisten conjeturas razonables e islotes de consensos junto a claras discrepancias (Alters, 1997a, b; Vázquez et al., 2001). Esta imagen de controversia es el inconveniente principal para enseñar NdCyT, por las evidentes dificultades que proyecta para la selección de objetivos y contenidos curriculares, así como para la elaboración de materiales pertinentes para la enseñanza y la formación del profesorado.

A pesar de las discrepancias, diversos estudios e iniciativas curriculares recientes sugieren la existencia de ciertos acuerdos, que podrían servir de base para un currículo escolar de ciencias consensuado, capaz de ofrecer una visión básica de NdCyT (Abd-el-Khalick, et al., 1998; Bartholomew et al., 2004; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2005). En los párrafos siguientes se presentan los contenidos

consensuados para enseñar NdCyT propuestos por diversos investigadores, instituciones y currículos internacionales.

Propuestas de consensos provenientes de la investigación didáctica

Desde hace años el grupo dirigido por el Dr. Lederman (ver las múltiples referencias de este autor) aplica sistemáticamente en sus estudios e investigaciones una sencilla lista de características del conocimiento científico, por considerarlas suficientemente compartidas y consensuadas. Según ellos, los rasgos básicos consensuados para el conocimiento científico son:

- provisional (sujeto a cambios);
- fundamentado empíricamente (basado en y/o derivado de las observaciones del mundo natural);
- parcialmente subjetivo (cargado de teoría);
- en parte, producto de la inferencia humana (razonamientos), donde es importante la distinción entre las observaciones e inferencias
- en parte también producto de la imaginación y la creatividad (involucra la invención de hipótesis y explicaciones);
- un conjunto de teorías científicas y leyes, que son entes relacionados y con diferentes funciones
- empapado social y culturalmente.

El conocimiento científico se refiere al mundo natural y al mundo artificial construido por el género humano (artefactos tecnológicos), y se basa en o se deriva de las observaciones del mundo, gracias al razonamiento inferencial. Las observaciones se recogen por medio de los sentidos humanos o por medio de las extensiones tecnológicas de éstos. Las inferencias son interpretaciones de esas observaciones. El conocimiento científico se genera mediante la imaginación humana y el razonamiento lógico. Esta creatividad imaginativa se aplica a las observaciones del mundo natural y las inferencias.

El conocimiento científico aceptado a través de la observación y la inferencia se concreta en leyes y teorías científicas. Las teorías y las leyes son tipos de conocimiento científico ontológicamente diferentes, aunque están relacionados entre sí. Las leyes son enunciados que describen las relaciones entre dos o más variables, observadas o percibidas, de los fenómenos de la naturaleza. Las teorías son sistemas de proposiciones inferidas, cuyo fin es explicar algún aspecto del mundo y los mecanismos sobre las relaciones entre variables de estos fenómenos naturales, basándose en la coherencia del sistema con las observaciones y en su propia auto-consistencia lógica. Las hipótesis científicas pueden conducir a teorías o a leyes, mediante su aceptación por la comunidad científica, gracias a la colecta de apoyos empíricos sustanciales, en forma de pruebas favorables, o la superación de comprobaciones desfavorables (falsaciones). Las teorías y las leyes no se convierten unas en otras, en sentido jerárquico, porque ambas son tipos de conocimiento ontológica y funcionalmente diferentes.

Las perspectivas y conocimientos actuales de la ciencia guían las observaciones e inferencias de los científicos, de modo que las diversas perspectivas tienden a sugerir diversas observaciones e interpretaciones. La formulación de preguntas, las investigaciones y las interpretaciones de los datos se filtran por la teoría vigente. El conocimiento científico, pues, está determinado y guiado por las teorías y las leyes científicas aceptadas, de manera que no es absolutamente objetivo. Esta subjetividad se conoce como la carga teórica del conocimiento científico, pues reconoce la influencia de los conocimientos previos como guías del

conocimiento posterior, y es una subjetividad inevitable, pero ha permitido a la ciencia progresar y permanecer consistente.

La subjetividad personal también es inevitable. Los valores personales, las prioridades y las experiencias anteriores dictan hacia dónde y cómo los científicos dirigen su trabajo. Además, la ciencia es un empeño humano y está influida por la sociedad y la cultura donde se desarrolla. Los valores de la cultura determinan el rumbo de la ciencia, cómo lo persigue, se interpreta, se acepta y se utiliza.

El conocimiento científico está sujeto a cambios, como demuestra su evolución histórica, debido a diversas causas, tales como las aportaciones de las nuevas observaciones y datos, las reinterpretaciones de observaciones y datos preexistentes, o el re-examen de las pruebas y observaciones anteriores desde la perspectiva de un nuevo conocimiento. Todo contribuye al cambio en la ciencia y de ahí surge la provisionalidad del conocimiento científico. La contingencia de los diferentes rasgos de la NdCyT conduce a esa provisionalidad del conocimiento científico.

Ninguno de los aspectos anteriores puede considerarse independiente de los demás. Por ejemplo, la provisionalidad del conocimiento científico proviene de la creación de ese conocimiento mediante la observación empírica y la inferencia. Cada una de estas actividades es contingente, pues está influida por la cultura y la sociedad donde se practica la ciencia, así como por el marco conceptual y la subjetividad personal de cada científico. Cuando se consideran nuevos datos y se revisan los existentes, las inferencias (realizadas en un contexto particular) pueden llevar a cambios en el conocimiento científico existente.

Sintetizando gran número de aspectos sobre NdCyT, McComas, Clough y Almazroa (1998) identifican 16 ideas consensuadas sobre NdCyT, que resulta un poco más larga que la anterior, aunque los puntos coincidentes entre ambas son muchos y patentes.

La lista ha ido evolucionando hasta la configuración de un conjunto de concepciones sobre la NdC más compacto, sistemático y comprensible (McComas, 2005). Estas concepciones son las siguientes:

- √ La ciencia exige y se basa en evidencia empírica.
- √ La producción del conocimiento científico comparte muchos factores comunes en forma de hábitos mentales, normas, pensamiento lógico y métodos (tales como observación y registro de datos cuidadosos, veracidad de presentación de informes, etc.). Si bien conviene matizar que:
 - Los experimentos no son la única vía para el conocimiento científico
 - La ciencia utiliza tanto el razonamiento inductivo como pruebas hipotético-deductivas
 - No hay ningún método científico paso a paso mediante el cual se realiza toda la ciencia
 - La ciencia ha desarrollado a través de la "ciencia normal" y "revolución" según Kuhn
- √ El conocimiento científico es provisional, duradero y auto-correctible. Esto significa que la ciencia no puede probar nada definitivamente, pero muchas conclusiones científicas siguen siendo valiosas y de larga duración, debido a la forma en que se desarrollan los procesos de investigación; la detección y corrección de errores son parte del proceso.

- √ Las leyes y las teorías son tipos distintos de conocimientos científicos, pero están relacionados entre sí. Las hipótesis son clases especiales y generales de conocimiento científico.
- √ La ciencia tiene un componente creativo. Las propuestas imaginativas son determinantes en el progreso del conocimiento científico.
- √ La ciencia tiene un elemento subjetivo. Las ideas y observaciones de la ciencia están "cargadas de teoría"; este sesgo puede desempeñar roles positivos y negativos en la investigación científica.
- √ Hay influencias históricas, culturales y sociales en la práctica y dirección de la ciencia.
- √ Ciencia y tecnología interactúan entre sí, pero no son lo mismo.
- √ La ciencia y sus métodos no puede contestar todas las preguntas. En otras palabras, existen límites sobre los tipos de preguntas que se puede pedir que responda la ciencia.

Consensos en negativo: mitos y concepciones inadecuadas

La diversidad de ideas ingenuas (inadecuadas) sobre la NdCyT surge de las sucesivas revisiones y críticas generadas contra el positivismo lógico, desde las visiones más modernas de la CyT. Algunas de esas críticas ponen de manifiesto ciertos aspectos inadecuados sobre la ciencia, que han generado también un amplio consenso entre los diversos críticos. Asimismo, la investigación sobre las ideas previas de estudiantes y profesorado acerca de la NdCyT es coincidente, pues identifica la frecuente y dominante presencia de las ideas positivistas tradicionales en su pensamiento epistemológico (ver, entre otros, las revisiones de García-Carmona, Vázquez y Manassero, en prensa 1 y 2; Lederman, 1992).

Las concepciones ingenuas sobre NdCyT revelan otra forma de consensos, aunque en este caso se resaltan visiones negativas sobre CyT, es decir, el consenso se refiere a aquellos aspectos que no son aceptables como parte de una visión adecuada de CyT. McComas (1996, 1998) les ha denominado "mitos" sobre la NdCyT, resaltando su carácter de creencias previas de sentido común, que no pueden ser justificadas razonablemente, aunque su presencia es manifiesta y extendida en el imaginario personal y colectivo acerca de CyT. Estas creencias son las siguientes:

- Las hipótesis se convierten en teorías, las cuales a su vez llegan a ser leyes.
- Las leyes científicas y otras ideas similares son absolutas.
- Una hipótesis es una conjetura educada.
- Existe un método científico general y universal.
- La evidencia acumulada cuidadosamente producirá conocimiento cierto.
- La ciencia y sus métodos ofrecen pruebas absolutas.
- La ciencia es procesual más que creativa.
- La ciencia y sus métodos pueden resolver todos los problemas.
- Los científicos son especialmente objetivos.
- Los experimentos son el camino principal hacia el conocimiento.
- Las conclusiones científicas son revisadas por precisión.

- La aceptación de nuevos conocimientos científicos es inmediata.
- Los modelos de la ciencia representan la realidad.
- Ciencia y tecnología son lo mismo.
- La ciencia es un empeño individual.

Las concepciones negativas de consenso acerca de CyT son denominadas “visiones deformadas” por Fernández y otros (2002), porque contribuyen a crear una imagen distorsionada de CyT, y por ello, inadecuada, ya que carece de sintonía con las visiones actuales provenientes de la historia, filosofía y sociología de la CyT. Las visiones deformadas según estos autores son:

- Una visión descontextualizada.
- Una concepción individualista y elitista.
- Una concepción atórica, meramente empiro-inductivista.
- Una visión rígida, algorítmica, infalible...
- Una visión aproblemática y ahistórica (acabada y dogmática).
- Una visión exclusivamente analítica.
- Una visión acumulativa, de crecimiento lineal.

La explicación y razonamiento de las visiones deformadas anteriores combina muchos de los mitos formulados por McComas (1998), aunque englobadas en categorías más amplias que, tal vez, se solapan excesivamente entre ellas y no producen un esquema tan claro y categórico como el de éste.

El amplio esquema alternativo de concepciones ingenuas identificadas en la literatura, que se desarrolla en el [Apéndice](#), comprende estas y otras, junto con algunas etiquetas asignadas a las mismas.

Propuestas de consensos provenientes de análisis empíricos

Algunos estudios han enfocado el diagnóstico de los potenciales acuerdos sobre contenidos de NdCyT desde una perspectiva empírica, es decir, investigando las coincidencias de profesores y expertos sobre estas cuestiones.

Osborne et al. (2003) han obtenido empíricamente un consenso acerca de las “ideas sobre la ciencia” que deberían enseñarse a los estudiantes, mediante la aplicación de una metodología Delphi en tres etapas en la que participaron 23 profesores. Aplicaron criterios de consensos muy exigentes, basados en el acuerdo de dos tercios de los profesores sobre puntuaciones iguales o superiores a 4, en una escala de 5 puntos, y la estabilidad de los resultados obtenidos en las diferentes etapas. Con ello, decantaron un conjunto de diez ideas clave, que proponen como currículo de NdCyT que debería enseñarse a los estudiantes. Estas ideas son:

- √ *Ciencia y curiosidad.* Un aspecto importante del trabajo científico es el continuo proceso cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas. Este proceso hace emerger nuevas teorías y técnicas científicas que se prueban empíricamente.
- √ *Creatividad.* La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación, como sucede en tantas otras actividades humanas. Los científicos son humanos, apasionados y comprometidos en su trabajo, que confían en su inspiración e imaginación. Algunas ideas científicas son extraordinarios logros intelectuales.

- √ *Hipótesis y predicción.* Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones de los fenómenos naturales. Este proceso es esencial para el desarrollo de nuevos conocimientos.
- √ *Métodos científicos y comprobación crítica.* La ciencia usa un método experimental para probar las ideas y, en particular, ciertas técnicas básicas como el control de variables. Sin embargo, el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento.
- √ *Análisis e interpretación de datos.* La práctica científica implica destrezas calificadas en el análisis e interpretación de los datos. Los conocimientos científicos no surgen naturalmente de los datos, sino del proceso de interpretación y construcción de teorías, que requiere sofisticadas habilidades. En este proceso, es posible y legítimo que los científicos discrepen, dando diferentes interpretaciones de los datos.
- √ *Diversidad del pensamiento científico.* La ciencia utiliza una serie de métodos y enfoques. No existe un único método científico.
- √ *Ciencia y certeza.* Gran parte del conocimiento científico está bien establecido y fuera de toda duda razonable, pero otra parte del mismo es más dudosa. El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede cambiar en el futuro ante nuevos datos o nuevas interpretaciones de los antiguos.
- √ *Desarrollo histórico del conocimiento científico.* Es necesario conocer algo de la historia del desarrollo del conocimiento científico.
- √ *Dimensiones morales y éticas del desarrollo del conocimiento científico.* Las decisiones en la aplicación del conocimiento científico y técnico no son neutrales; por tanto, podrían entrar en conflicto con valores morales y éticos de los grupos sociales.
- √ *Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico.* El trabajo científico es una actividad colectiva y, a la vez, competitiva. Aunque algunos individuos pueden hacer contribuciones significativas, el trabajo científico se lleva a cabo en grupo, a menudo con carácter multidisciplinar e internacional. Generalmente, los nuevos conocimientos se comparten y deben superar un proceso de revisión crítica por los colegas para que sean aceptados por la comunidad científica.

La serie de acuerdos anteriores se centran, prácticamente, en cuestiones de epistemología de la ciencia, con una concesión a la historia y la sociología interna de la ciencia en los tres últimos temas.

Consensos del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)

El Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) es un banco de 100 cuestiones que ha sido construido y adaptado, como adaptación al contexto cultural español, a partir de los cuestionarios Views on Science, Technology and Society –VOSTS– (Aikenhead y Ryan, 1992) y Teacher's Belief about Science-Technology-Society –TBA-STs– (Rubba y Harkness, 1993; Rubba, Schoneweg y Harkness, 1996), desarrollados empíricamente, a partir de entrevistas, encuestas a estudiantes y profesores, y cuyas respuestas se han sintetizado en las frases que forman las opciones múltiples de cada cuestión (Ryan y Aikenhead, 1992). Todas las cuestiones del COCTS tienen el mismo formato de elección múltiple, que se inicia con una cabecera que plantea un problema respecto al cual se desea conocer la posición de una persona (Eagly y Chaiken, 1993). Le sigue una lista de frases, que ofrecen un abanico de diferentes respuestas razonadas sobre el tema planteado. El VOSTS es

considerado un instrumento válido y fiable para la investigación de las razones de los estudiantes que demuestran sus posiciones acerca de NdCyT (Lederman, Wade y Bell, 1998; p. 610).

Las 100 cuestiones del COCTS contienen un total de 637 frases sobre NdCyT. El escalamiento de estas frases y la construcción de una métrica para el COCTS han permitido mejorar las aplicaciones del COCTS como instrumento de evaluación y diagnóstico (Manassero y Vázquez, 1998; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001, 2003, 2004; Vázquez y Manassero, 1999).

Empleando una metodología empírica con el COCTS, se han identificado numerosos consensos sobre los contenidos de NdCyT, que presentan novedades respecto a los anteriores ([Anexo 1](#) y [Anexo 2](#)): no están limitados a los tópicos de carácter más epistemológico, sino que incluyen también otros relacionados con la influencia de la sociedad sobre la CyT, la influencia de la CyT sobre la sociedad y la sociología interna de CyT. Además, los consensos abarcan tanto afirmaciones en positivo (creencias adecuadas) como afirmaciones en negativo (creencias inadecuadas) sobre NdCyT (Acevedo et al., 2007b). Finalmente, cabría subrayar el carácter más específico y concreto de estas listas de creencias consensuadas, en comparación con las propuestas extraídas de la investigación didáctica, presentadas en los párrafos precedentes; sin embargo, esta diferencia cualitativa (importante) no debe servir para enmascarar su coincidencia de fondo con las anteriores.

En las tablas de los Anexos y párrafos siguientes se exponen las frases consensuadas en las diferentes dimensiones en que se agrupan las diferentes cuestiones examinadas; a saber: definiciones de ciencia y tecnología, y de sus relaciones mutuas, epistemología de la ciencia, influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología, influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad, educación en ciencia y tecnología, y sociología interna de la ciencia y tecnología. El análisis global de los resultados muestran que las 637 frases del COCTS engendran 93 frases que alcanzan el criterio de consenso entre los jueces como concepciones ingenuas o inadecuadas, mientras que 41 frases fueron consideradas, también por consenso, concepciones apropiadas o adecuadas (Vázquez, Manassero y Acevedo, 2005, 2006). El gran número de concepciones adecuadas e ingenuas consensuadas y listadas en las tablas de los Anexos, así como el espacio limitado de la publicación, no permiten un comentario detallado de cada una de ellas.

Los consensos sobre la NdCyT del COCTS han sido investigados empíricamente a partir de los juicios de un panel de 16 expertos españoles actuando como jueces, que valoran las afirmaciones contenidas en las 637 cuestiones del COCTS. Las opiniones de los expertos se sopesan para obtener los acuerdos, aplicando el exigente criterio de una mayoría cualificada (11 jueces al menos están de acuerdo). Este criterio es similar al utilizado en otros estudios (Eagly y Chaiken, 1993; Osborne *et al.*, 2003; Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996), pero la novedad de este radica en la mayor amplitud y diversidad de la muestra de jueces empleada.

La dimensión acerca de las definiciones y relaciones entre CyT incluye también cuestiones de I+D y la interdependencia de ciencia y tecnología ([Anexo 1](#)). En la cuestión 10411 se considera una creencia adecuada que CyT están estrechamente relacionadas entre sí “porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica”; una idea básica para entender la tecnociencia actual, expuesta en el inicio de este artículo. Por el contrario, aparecen como creencias ingenuas (10412 y 10413) que la ciencia no influye demasiado en la tecnología, o que la tecnología no influye en gran medida sobre la ciencia.

El [Anexo 2](#) presenta los consensos en la dimensión epistemológica y es una de las más extensas. Se puede observar las coincidencias con los rasgos de la ciencia sugeridos por la investigación didáctica expuestos en párrafos precedentes. Sin embargo, éstas, al estar contextualizadas en el marco de cada cuestión específica del COCTS, son más mucho más concretas que las propuestas provenientes de la investigación. Por ejemplo, la carga teórica de las observaciones científicas es repetidamente considerada como un rasgo peculiar de la ciencia en todas las investigaciones; la cuestión 90111 aborda este tema, dando por sentada la competencia de los científicos, que creen en diferentes teorías porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas (inducidos por las teorías).

Los [Anexos 3, 4, 5 y 6](#) se refieren a los aspectos sociológicos de CyT, –un aspecto menos desarrollado en las investigaciones didácticas, que lo solventan, en la mayoría de los casos, con menciones genéricas, tales como: “empapado social y culturalmente”, “parte de tradiciones sociales y culturales”, “influencias históricas, culturales y sociales en la práctica y dirección de la ciencia” o el reconocimiento de las “dimensiones morales y éticas del desarrollo del conocimiento científico”. Por el contrario, las creencias consensuadas, adecuadas e ingenuas, sobre las interacciones CTS, listadas en los [Anexos 3 y 4](#), contienen menciones concretas a numerosos aspectos específicos planteados en las cuestiones de estas dimensiones. Por ejemplo, la dimensión moral y ética del conocimiento científico (cuestión 40221) se plantea desde la perspectiva de CyT como ayudas para tomar algunas decisiones morales. Se considera una creencia adecuada que la información básica proveniente de CyT es una ayuda para las decisiones morales, aunque estas decisiones deben ser asumidas por las personas; en cambio, se considera una creencia ingenua, sobre el mismo tema, que CyT no pueden ayudar a tomar decisiones morales porque solo descubren, explican e inventan cosas, pero lo que las personas hacen con sus resultados no es asunto de los científicos (tesis de la neutralidad de la ciencia).

Algo análogo sucede con el trabajo de los científicos, recogido en la dimensión de sociología interna de la ciencia ([Anexo 6](#)). La comunicación del conocimiento científico es una cuestión muy candente actualmente, porque vivimos en las sociedades de la información, donde, frecuentemente, CyT son noticia por diversos motivos. Por ejemplo, la cuestión 70321 plantea la legitimidad de un equipo de investigación para anunciar directamente al público, a través de los medios de comunicación, sus descubrimientos, antes de que otros científicos lo hayan discutido. Se considera una idea consensuada ingenua la justificación de esta conducta, contraria a las buenas prácticas de la investigación científica, por obtener credibilidad con el descubrimiento o evitar que otros científicos les roben la idea.

En suma, el gran número de creencias listadas en los Anexos, y la imposibilidad de una consideración detallada de una mínima parte de las mismas, es una invitación al lector para que realice una lectura detenida de ellas.

A modo de conclusión

La revisión de algunas líneas sólidas de investigación sobre NdCyT, presentada en este estudio, aporta ideas y contenidos básicos para una selección de los mismos, que pueda dar lugar a un currículo que enseñe NdCyT. Las investigaciones revisadas ponen de manifiesto una notable coincidencia entre ellas, de modo que la gran extensión y complejidad de los contenidos de NdCyT es diseccionada y resumida por el consenso tácito que emerge de estas coincidencias. Las investigaciones enfocadas a la identificación de los consensos sobre NdCyT, confirman empíricamente esta tesis; por tanto, los contenidos identificados en las investigaciones, genéricos o concretos, deben constituir la base de cualquier selección de contenidos curriculares basada e inspirada en la investigación didáctica.

Las líneas de la investigación revisadas también ponen de manifiesto el predominio de un enfoque asertivo o positivo de las creencias sobre NdCyT, es decir, hay una tendencia dominante a identificar creencias adecuadas en los consensos sobre la NdCyT. Sin embargo, las aportaciones de los estudios acerca de los mitos, concepciones deformadas o creencias ingenuas sobre NdCyT, revelan la existencia de un extenso muestrario de ideas previas negativas sobre esos temas de consenso, que también es importante. No en vano, la identificación de creencias negativas sobre CyT (mitos o inadecuadas), también ofrece ventajas didácticas para la educación científica. En efecto, en el aprendizaje, la afirmación de las propiedades en positivo de los conceptos (afirmar lo que son), resulta tan importante como realzar las afirmaciones complementarias negativas sobre lo que las cosas no son o no pueden ser, pues su conocimiento también es educativamente efectivo.

Además, las creencias negativas consensuadas constituyen un inventario de las ideas previas de los estudiantes, que la investigación ha venido diagnosticando a lo largo de los últimos años y que resultan decisivas para un planteamiento constructivista y argumentativo de la enseñanza de la ciencia. Ambas perspectivas, positiva y negativa, son complementarias y ayudan a precisar la visión global de la enseñanza de NdCyT; la visión positiva dirige el diseño y la formulación de los contenidos curriculares, y la visión negativa es crucial para afrontar las concepciones alternativas negativas (ingenuas o inadecuadas) de estudiantes y profesorado, especialmente, cuando se pretende enseñar NdCyT explícitamente como parte del currículo.

La segunda parte de este estudio se enfocará sobre las propuestas curriculares existentes para enseñar NdCyT y, especialmente, sobre los contenidos de los currículos españoles de ciencias.

Reconocimiento

Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

Referencias

- Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L. y Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Martín-Gordillo, M., Oliva, J. M.ª, Acevedo, P., Paixão, M. F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Alters, B. J. (1997a). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Alters, B. J. (1997b). Nature of science: a diversity or uniformity of ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1105-1108.
- Bartholomew, H., Osborne, J. y Ratcliffe, M. (2004). Teaching students ideas-about-science: five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Eagly, A. H. y Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (en prensa 1). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: un análisis de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, aceptado para publicación.
- García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (en prensa 2). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, sometido para publicación.
- Holbrook, J. (2000). *School Science Education for the 21st Century - Promoting Scientific and Technological Literacy (STL)*. Wirescript Magazine - Education.
- Hsu, L-R. (2007). 'Taiwan experts' perspectives on what "nature of science" should be taught in elementary and secondary schools. Paper presented at the Ninth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST). Calgary, Canadá (June 24-28).
- Jenkins, E.W. (1997). Scientific and technological literacy for citizenship: What can we learn from research and other evidence?. En S. Sjoberg y E. Kallerud (eds.), *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy*, (pp. 29-50), Oslo, NIFU.
- Latour, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.
- 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.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In L. B. Flick and N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 301-317). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En Abell, S. K. y Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Wade, P. D. y Bell, R. L. (1998). Assessing understanding of the nature of science: a historical perspective. *Science & Education*, 7(6), 595-615.

- Manassero, M. A. y Vázquez, A. (1998). *Opinions sobre ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports del Govern de les Illes Balears.
- 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 del Govern de les Illes Balears.
- Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service. Consultado 14/9/2006 en <http://www.ets.org/testcoll/>.
- Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.
- McComas, W. F. (1996). Ten Myths of Science: reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-72). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. (2005). Teaching the Nature of Science: What Illustrations and Examples Exist in Popular Books on the Subject? Paper presented at the Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18).
- McComas, W. F., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. *Science & Education*, 7(6), 511-532.
- Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Niiniluoto, I. (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, 620, 285-299.
- NSTA, National Science Teachers Association (2000). *NSTA position statement: the nature of science*. NSTA Document.
- 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*, 40(7), 692-720.
- Rubba, P. A. y Harkness, W. L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431.
- Rubba, P. A., Schoneweg-Bradford, C. y Harkness, W. L. (1996). A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument. *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400.
- Ryan, A. G., y Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76 (6), 559-580.
- Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, 18, 275-298

- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1999). New response and scoring models for the “Views on Science-Technology-Society” instrument (VOSTS). *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.
- 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 electrónica. Consultado 15/9/2010 en <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A. y Manassero, M.A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), Consultado 2/4/2010 en <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. Consultado 15/9/2006 en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm>.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.): *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro, pp. 129-132.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2005). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias. Comunicación presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: *Educación científica para la ciudadanía* (Granada, 7-10 de septiembre de 2005). *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra (VII Congreso), edición en CD. Consultado 16/9/2006 en <http://blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2007). *La relevancia de la educación científica*. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears.
- Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, J. A. (2005). Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(1). Consultado 16/9/2006 en <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>.
- Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, J. A. (2006). An analysis of complex multiple-choice Science-Technology-Society items: Methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Anexo 1. Concepciones adecuadas e ingenuas identificadas por consenso empírico de jueces para la dimensión “Definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas”.

DEFINICIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y SUS RELACIONES MUTUAS	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
10113 El proceso de hacer ciencia se describe mejor como ...	B. El método científico.
10311 Ciencia y tecnología son muy importantes para la investigación y el desarrollo (I+D) de la industria del país. ¿Qué significado tiene para ti “investigación y desarrollo” (I+D)?	A. I + D significa encontrar nuevas respuestas a preguntas sobre el mundo y las personas.
F. I+D significa una combinación de ciencia y tecnología. La investigación conduce al desarrollo y el desarrollo lleva a una investigación mejorada.	
10411 La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:	A. Porque la ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil ver cómo la tecnología podría ayudar a la ciencia.
B. Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.	
10412 ¿La ciencia influye en la tecnología?	A. La ciencia no influye demasiado en la tecnología.
10413 ¿La tecnología influye en la ciencia?	A. La tecnología no influye en gran medida sobre la ciencia.
10421 Para mejorar la calidad de vida del país, sería mejor gastar dinero en investigación tecnológica EN LUGAR DE en investigación científica.	
Invertir en ambas: D. Porque ambas interaccionan y se complementan entre sí por igual. La tecnología da a la ciencia tanto como la ciencia da a la tecnología.	A. Invertir en investigación tecnológica porque mejorará la producción, el crecimiento económico y el empleo. Todo esto es mucho más importante que cualquier cosa que ofrezca la investigación científica. G. Invertir en investigación científica porque mejora la calidad de vida (por ejemplo, curaciones médicas, respuestas a la contaminación y aumento del conocimiento). La investigación tecnológica, por otro lado, ha empeorado la calidad de vida (por ejemplo, bombas atómicas, contaminación y automatización). H. No invertir en ninguna. La calidad de vida no mejorará con los avances en la ciencia y la tecnología, sino que mejorará con inversiones en otros sectores de la sociedad (por ejemplo, bienestar social, educación, creación de empleo, artes, cultura y ayudas de otros países).

Anexo 2. Concepciones adecuadas e ingenuas identificadas por consenso empírico de jueces para la dimensión “Epistemología de la ciencia”.

EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
90111 Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.	
A. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	D. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar. E. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.
90211 Muchos modelos científicos usados en los laboratorios de investigación (tales como el modelo del calor, el de las neuronas, del DNA o del átomo) son copias de la realidad.	
	Los modelos científicos SON copias de la realidad: A. Porque los científicos dicen que son verdaderos; por tanto, deben serlo. B. Porque hay muchas pruebas científicas que demuestran que son verdaderos. C. Porque son verdaderos para la vida. Su objetivo es mostrarnos la realidad o enseñarnos algo sobre ella.
90311 Cuando los científicos clasifican algo (por ejemplo, una planta de acuerdo con sus especies o una estrella según su tamaño), están clasificando la naturaleza tal como realmente es; cualquier otra manera sería simplemente errónea.	
E. Podrían existir otras formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones. F. Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta, y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.	A. Las clasificaciones se ajustan a como es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo. B. Las clasificaciones se ajustan a como es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.
90411 Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.	
El conocimiento científico cambia: B. Porque el conocimiento viejo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.	D. El conocimiento científico PARECE cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.
90511 Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías, y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes.	
	Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a leyes: A. Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley. C. Porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.

90521 Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese adecuadamente. Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:	
D. Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.	A. Porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas. B. En caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.
90531 Como reacción a la ecuación de Einstein, $E = mc^2$, los científicos dijeron “Una ecuación tan maravillosamente elegante tiene que ser una descripción verdadera de la naturaleza”. Esta afirmación muestra que los científicos suponen que sus ecuaciones o ideas deberían encajar con la elegancia de la naturaleza.	
	Los científicos SUPONEN que sus ideas deberían ser elegantes: A. Para que sean verdaderas en la naturaleza. Los científicos saben que si buscan de forma correcta, la naturaleza es hermosa o elegante.
90541 Las buenas teorías científicas explican bien las observaciones. Pero las buenas teorías son más bien simples que complicadas.	
	A. Las buenas teorías son simples. El lenguaje mejor para la ciencia es simple, corto y directo.
90611 Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:	
	A. Procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico. B. Registrar datos muy cuidadosamente. C. Controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.
90621 Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.	
C. El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.	A. El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico.
90631 Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente, hasta que se hace el descubrimiento. Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones:	
	A. Porque los experimentos (por ejemplo, los que condujeron al modelo del átomo, o los descubrimientos sobre el cáncer) son como colocar ladrillos para hacer una pared. B. Porque la investigación comienza comprobando los resultados de un experimento anterior para ver si es verdad. La gente que sigue adelante comprobará un nuevo experimento. E. La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra.

<p>90641 Los científicos publican los resultados de su trabajo en revistas científicas. Cuando escriben un artículo para una revista organizan su informe de una manera muy ordenada y lógica. Sin embargo, los científicos hacen su trabajo realmente de una manera mucho menos ordenada y lógica. Los artículos se escriben de una manera más lógica que el trabajo real:</p>	
	<p>F. Porque los científicos trabajan de una manera lógica, para que sea más fácil escribir su informe o publicación de una manera lógica. G. Los artículos NO se escriben necesariamente de una manera lógica. Se escriben de la misma manera en que se hizo el trabajo. Esto puede ser complicado o sencillo.</p>
<p>90651 Los científicos NO deberían cometer errores en su trabajo porque los errores retrasan el avance de la ciencia.</p>	
<p>Los errores NO PUEDEN evitarse: D. Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.</p>	<p>A. Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.</p>
<p>90721 Aunque las matemáticas se usen exactamente en ciencia e ingeniería, sólo se puede predecir lo que probablemente ocurrirá. Nunca se puede predecir con el 100% de seguridad.</p>	
	<p>D. Las predicciones con matemáticas son habitualmente 100% seguras, porque las matemáticas son seguras, por sí mismas.</p>
<p>90811 Si los científicos encuentran que la gente que trabaja con una sustancia denominada asbesto tiene el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón que una persona media, ¿esto quiere decir que el asbesto puede causar cáncer de pulmón? Los hechos NO significan necesariamente que el asbesto causa cáncer de pulmón:</p>	
<p>C. Porque el asbesto puede funcionar en combinación con otras sustancias, o indirectamente (por ejemplo, debilitando la resistencia a otras sustancias que causarían el cáncer de pulmón).</p>	<p>D. Porque si lo hiciera, todos los trabajadores con asbesto habrían tenido cáncer de pulmón. E. El asbesto no puede causar cáncer de pulmón porque mucha gente que no trabaja con asbesto también tiene cáncer de pulmón.</p>
<p>90921 La ciencia descansa sobre el supuesto de que el mundo natural no puede ser alterado por un ser sobrenatural (por ejemplo, un dios).</p>	
	<p>E. La ciencia puede investigar lo sobrenatural y puede, posiblemente, explicarlo. Por tanto, puede asumir la existencia de seres sobrenaturales.</p>
<p>91011 Suponga que un buscador “descubre” oro y que un artista “inventa” una escultura. Algunas personas piensan que los científicos “descubren” las LEYES, HIPÓTESIS y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las “inventan”. ¿Qué piensa usted?</p>	
<p>E. Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.</p>	<p>Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas: A. Porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos sólo tienen que encontrarlas.</p>

Anexo 3. Concepciones adecuadas e ingenuas identificadas por consenso empírico de jueces para la dimensión “Influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología”.

LA INFLUENCIA DE LA SOCIEDAD SOBRE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
20111 El gobierno del país debería dar dinero a los científicos para investigar y explorar lo desconocido de la naturaleza y el universo. Se debería gastar dinero en investigación científica:	
	F. Nada o poco dinero debería gastarse en investigación científica, porque podría gastarse en otras cosas, tales como ayudar a la gente en paro, los necesitados, o los países más pobres.
20141 La política de un país afecta a sus científicos ya que éstos son una parte de la sociedad (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad).	
Los científicos están afectados por la política de su país: C. Porque los gobiernos establecen la política científica teniendo en cuenta nuevas aplicaciones y nuevos proyectos, tanto si los subvenciona como si no. La política del gobierno afecta al tipo de proyectos que los científicos realizarán.	Los científicos NO están afectados por la política de su país: I. porque la investigación científica no tiene nada que ver con la política. J. porque los científicos están aislados de su sociedad.
20151 La política de nuestro país afecta a sus científicos ya que éstos son una parte de la sociedad del país (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad).	
Los científicos están afectados por la política de su país: B. Porque los gobiernos no sólo dan dinero para investigación; establecen la política científica teniendo en cuenta nuevas aplicaciones. Esta política afecta directamente al tipo de proyectos que los científicos realizarán.	Los científicos NO están afectados por la política de su país: E. porque la naturaleza del trabajo de un científico le previene de llegar a meterse en política. F. porque los científicos están aislados de su sociedad. Su trabajo no recibe atención de los medios de comunicación, excepto que hagan un descubrimiento espectacular. G. porque nuestro país es un país libre y, por tanto, los científicos pueden trabajar libremente.
20511 El éxito de la ciencia y la tecnología en nuestro país depende de tener buenos científicos, ingenieros y técnicos. Por tanto, el país necesita que los alumnos estudien más ciencias en la escuela.	
Se necesita que los alumnos estudien más ciencias: C. Se debe fomentar que los estudiantes estudien más ciencias, pero un tipo diferente de cursos de ciencias. Deben aprender cómo la ciencia y la tecnología afectan a sus vidas diarias.	NO se necesita que los alumnos estudien más ciencias: F. porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia, aunque ello les ayudaría en sus vidas. G. porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia. La ciencia no es realmente necesaria para todos.
20521 El éxito de la ciencia y la tecnología en nuestro país depende de cuánto apoyo den los ciudadanos a los científicos, ingenieros y técnicos. Este apoyo depende de que los estudiantes (los ciudadanos del futuro) sepan cómo se usan la ciencia y la tecnología en el país.	
Sí, cuanto más aprendan los estudiantes sobre ciencia y tecnología: C. Más informados estarán los ciudadanos del futuro. Serán capaces de formarse mejores opiniones y hacer mejores contribuciones sobre cómo se usan la ciencia y la tecnología.	

20711 Algunas comunidades producen más científicos que otras comunidades. Esto ocurre como resultado de la educación que los niños reciben de su familia, las escuelas y la comunidad.	
La educación es responsable sobre todo: D. Porque la familia, las escuelas y la comunidad juntas dan a los niños y niñas la capacidad para la ciencia, el estímulo necesario y la oportunidad de llegar a ser científicos.	Inteligencia, capacidad y un interés natural hacia la ciencia son responsables sobre todo: G. porque la gente nace con estas cualidades.
20811 ¿La sociedad influye en la tecnología?	
	A. La sociedad no influye demasiado en la tecnología.
20821 ¿La sociedad influye en la ciencia?	
F. La sociedad influye en la ciencia a través de las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.	A. La sociedad no influye demasiado en la ciencia.
30111 ¿Cual de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad? (véanse las figuras adjuntas)	
<p>E</p> <p>F.</p>	<p>A. Ciencia → Tecnología → Sociedad</p> <p>B. Tecnología → Ciencia → Sociedad</p> <p>G. Ciencia → Tecnología Sociedad</p>

Anexo 4. Concepciones adecuadas e ingenuas identificadas por consenso empírico de jueces para la dimensión “Influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad”.

LA INFLUENCIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA SOBRE LA SOCIEDAD	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
40111 La mayoría de los científicos se preocupan de los posibles efectos posibles (tanto provechosos como perjudiciales) que pueden resultar de sus descubrimientos.	
D. Los científicos se preocupan, pero posiblemente no pueden saber todos los efectos a largo plazo de sus descubrimientos.	
40121 Los científicos deberían ser considerados responsables del daño que pueda resultar de sus descubrimientos.	
	Los científicos NO deberían ser considerados responsables: H. Porque una vez que se ha hecho un descubrimiento, otros deberían comprobar sus efectos. El trabajo del científico es sólo hacer descubrimientos. Las cuestiones morales y la ciencia están separadas.
40131 Los científicos deberían ser considerados responsables de informar sobre sus descubrimientos al público en general, de manera que el ciudadano medio pueda entenderlos.	
Los científicos deberían ser considerados responsables: C. Porque los ciudadanos tienen derecho a saber lo que ocurre en su país. Deberían conocer los descubrimientos para mejorar sus propias vidas tomando conciencia de los beneficios de la ciencia y para estar informado de todas las opciones responsables que puedan afectar a su futuro.	G. Los científicos NO deberían ser considerados responsables ya que, con frecuencia, a los ciudadanos no parece importarles. Los ciudadanos deben aprender suficiente ciencia como para entender los informes.
40161 La industria pesada ha contaminado enormemente los países industriales. Por tanto, es una decisión responsable trasladarla a los países no desarrollados, donde la contaminación no está tan extendida.	
C. No es cuestión de donde esté localizada la industria pesada. Los efectos de la contaminación son globales sobre la Tierra. La industria pesada NO debería trasladarse a los países no desarrollados: D. Porque trasladar la industria no es una forma responsable de resolver la contaminación. Se debería reducir o eliminar la contaminación aquí, en lugar de crear más problemas en cualquier otro lugar. F. Porque la contaminación debería ser limitada tanto como sea posible. Extenderla sólo crearía más daños.	A. La industria pesada debería ser trasladada a los países no desarrollados para salvar nuestro país y sus generaciones futuras de la contaminación.
40211 Los científicos e ingenieros deberían ser los únicos en decidir los asuntos científicos de nuestro país porque son las personas que mejor conocen estos asuntos, tales como por ejemplo, los tipos de energía cara al futuro (nuclear, hidráulica, solar, quemando carbón, etc.), los índices permitidos de contaminación del aire, el futuro de la biotecnología en nuestro país, técnicas aplicadas al feto, o sobre el desarme nuclear.	
D. La decisión debería ser tomada de manera compartida. Las opiniones de los científicos e ingenieros, otros especialistas y los ciudadanos informado deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad.	Los científicos e ingenieros son los que deberían decidir: A. Porque tienen la formación y los datos que les dan una mejor comprensión del tema. B. Porque tienen el conocimiento y pueden tomar mejores decisiones que los burócratas del gobierno o las empresas privadas, que tienen intereses creados.

40221 La ciencia y la tecnología pueden ayudar a la gente a tomar algunas decisiones morales (esto es, decidir como debe actuar una persona o un grupo respecto a otras personas).	
B. Dando información básica; pero las decisiones morales deben ser tomadas por las personas.	<p>La ciencia y la tecnología pueden ayudar a tomar algunas decisiones morales:</p> <p>C. Porque la ciencia incluye áreas como la psicología, que estudia la mente y los sentimientos humanos.</p> <p>La ciencia y la tecnología NO pueden ayudar a tomar decisiones morales:</p> <p>D. Porque ciencia y tecnología no tienen nada que ver con decisiones morales; sólo descubren, explican e inventan cosas. Lo que las personas hacen con sus resultados no es asunto de los científicos.</p> <p>F. Porque si las decisiones morales se basaran en información científica, a menudo las decisiones conducirían al racismo, suponiendo que un grupo de gente es mejor que otro grupo.</p>
40231 La ciencia y la tecnología NO pueden ayudar a las personas a tomar decisiones legales (por ejemplo, decidir si una persona es culpable o no en un tribunal de justicia).	
La ciencia y la tecnología puede ayudar en algunos casos:	
C. Desarrollando formas de recoger pruebas y testificando sobre las pruebas físicas de un caso.	
40321 En nuestro país se debería gastar mucho más dinero en ciencia y tecnología aunque suponga quitar este dinero a otras cosas, tales como programas sociales, educación, incentivos a la empresa e impuestos más bajos.	
D. El dinero debería gastarse de una manera equilibrada como se hace hoy día. La ciencia y la tecnología son muy importantes pero no son las únicas cosas que necesitan dinero para progresar en nuestro país.	
40411 La ciencia y la tecnología son una gran ayuda para resolver problemas sociales como la pobreza, el crimen, el desempleo, la superpoblación, la contaminación o la amenaza de una guerra nuclear.	
	<p>E. Es difícil ver como la ciencia y la tecnología pueden ayudar mucho a resolver esos problemas sociales. Los problemas sociales conciernen a la naturaleza humana; esos problemas no tienen nada que ver con la ciencia y la tecnología.</p> <p>F. La ciencia y la tecnología lo único que hacen es empeorar los problemas sociales. Son el precio que pagamos por los avances en ciencia y tecnología.</p>
40431 Los científicos pueden resolver mejor cualquier problema práctico de la vida diaria (por ejemplo, lograr sacar el coche fuera de una zanja, cocinar o cuidar un animal) porque saben más ciencia.	
	<p>A. Los científicos son mejores resolviendo cualquier problema práctico. Sus mentes lógicas habituadas a resolver problemas o su conocimiento especializado les dan ventajas.</p> <p>Los científicos no son mejores que otros:</p> <p>E. Los científicos son probablemente peores resolviendo cualquier problema práctico porque, habitualmente, trabajan en un mundo complejo y abstracto, muy alejado de la vida diaria.</p>

40441 A pesar de su sabiduría y formación, los científicos y tecnólogos pueden ser engañados por lo que ven en la televisión o leen en los periódicos.	
Los científicos y tecnólogos PUEDEN SER engañados por los medios de comunicación: C. Porque simplemente también son humanos. Como cualesquiera otras personas, son influidos por los medios (excepto cuando el tema es de su especialidad).	Los científicos y tecnólogos PUEDEN SER engañados por los medios de comunicación: A. Porque son muy abiertos de mente y siempre aceptan las nuevas ideas.
40451 Tenemos que preocuparnos de los problemas de la contaminación que son insolubles hoy. La ciencia y la tecnología no tienen necesariamente que arreglar estos problemas en el futuro.	
La ciencia y la tecnología NO pueden arreglar tales problemas: E. La ciencia y la tecnología por sí solas no pueden arreglar los problemas de contaminación. Es responsabilidad de todos. Los ciudadanos deben insistir en que solucionar estos problemas debe tener una prioridad absoluta.	La ciencia y la tecnología NO pueden arreglar tales problemas: A. Porque son la causa de los problemas de contaminación. Más ciencia y tecnología traerán más problemas de contaminación.
40511 Cuanto más se desarrollen la ciencia y la tecnología en nuestro país más rico llegará a ser.	
	La ciencia y la tecnología aumentarán la riqueza de nuestro país: E. La ciencia y la tecnología disminuyen la riqueza del país porque cuesta gran cantidad de dinero desarrollarlas.
40531 Más tecnología mejorará el nivel de vida de nuestro país.	
E. Sí y no. Más tecnología haría la vida más agradable y más eficiente, PERO también causaría más contaminación, desempleo y otros problemas. El nivel de vida puede mejorar, pero la calidad de vida puede que no.	A. Sí, porque la tecnología siempre ha mejorado el nivel de vida y no hay razón para que no lo haga ahora.
40811 ¿La tecnología influye sobre la sociedad?	
F. La sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología.	A. La tecnología no influye demasiado en la sociedad.
40821 ¿La ciencia influye sobre la sociedad?	
	A. La ciencia no influye demasiado en la sociedad. B. La ciencia influye directamente sólo en aquellas personas de la sociedad que tienen interés por la ciencia.

Anexo 5. Concepciones adecuadas e ingenuas identificadas por consenso empírico de jueces para la dimensión “Educación en ciencia y tecnología”.

LA EDUCACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
50111 Parece que existen dos clases de personas, las que entienden de ciencias y las que entienden de letras (por ejemplo, literatura, historia, economía, leyes). Pero si todos estudiaran más ciencias, entonces todos las comprenderían.	
E. No existen sólo estos dos tipos de personas. Hay tantas clases de personas como preferencias individuales posibles, incluyendo las que entiende ambas, las ciencias y las letras.	EXISTEN estos dos tipos de personas, pero aunque las personas de letras estudiaran más ciencias, NO llegarían necesariamente a comprenderlas mejor: B. Porque pueden no tener la capacidad o el talento para comprender la ciencia. Estudiar más ciencia no les dará esa facultad.
50211 Las clases de ciencias me han dado confianza para resolver cosas y decidir si algo (por ejemplo, un anuncio) es verdad o no. Gracias a las clases de ciencias he llegado a ser un mejor consumidor.	
	Las clases de ciencias me han ayudado a ser un consumidor mejor: D. Porque aprender sobre los productos del mercado es parte de lo que se hace en la clase de ciencias.
50311 Los documentales científicos de TV (por ejemplo, Cosmos, El hombre y la Tierra, National Geographic, Planeta Terra, El mundo submarino de Cousteau, Más allá del 2000, etc.) dan una imagen más exacta de lo que es realmente la ciencia, en comparación con la imagen que ofrecen las clases de ciencias.	
	Los programas de TV dan una imagen más exacta: A. Porque muestran todas las caras de la ciencia. En las clases de ciencias, no puedes tener una imagen global por los prejuicios y preferencias personales del profesorado.

Anexo 6. Concepciones adecuadas e ingenuas identificadas por consenso empírico de jueces para la dimensión “Sociología interna de la ciencia y tecnología”.

LA SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
Creencias adecuadas o apropiadas	Creencias ingenuas o inadecuadas
60211 El mejor científico es siempre de mentalidad abierta, imparcial y objetivo en su trabajo. Estas características personales son necesarias para hacer mejor ciencia.	
	A. Los mejores científicos tienen estas características, ya que de otra forma la ciencia se perjudicaría. B. Los mejores científicos tienen tales características, porque cuantas más características de estas se tengan, mejor ciencia se hará.
60221 Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo, ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo). Los científicos tienen estas características, no sólo en su trabajo, sino también en su vida familiar.	
	F. Los científicos pueden tener una mentalidad MENOS abierta porque su éxito en el trabajo depende de tener una mentalidad ilógica, única o estrecha.
60222 Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo, honrado). En su vida familiar los científicos tienen estas características personales EN MAYOR MEDIDA que otras personas en su vida familiar.	
	B. Los científicos tienen estas características en su casa más que otras personas. Los científicos saben más que otras personas del mundo físico y este conocimiento extra realiza las características personales citadas. G. Los científicos tienen MENOS estas características personales, e incluso pueden tener las características contrarias (ser mentalidad estrecha, ilógicos, parciales y subjetivos), por estar tan profundamente metidos, interesados y educados en su campo específico.
60311 Las creencias religiosas de un científico no producen diferencias en los descubrimientos científicos que hace.	
Las creencias religiosas producen diferencias: D. Porque, a veces, las creencias religiosas afectan a lo que los científicos hacen o los problemas que escogen para trabajar.	
60411 Los científicos no tienen prácticamente vida familiar o social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo.	
	A. Los científicos necesitan estar profundamente metidos en su trabajo para tener éxito. Esta profunda implicación les impide su vida social y familiar.
60511 Hoy día hay muchas más mujeres científicas de las que solía haber. Esto originará diferencias en los descubrimientos científicos que se hagan; los descubrimientos realizados por mujeres tenderán a ser diferentes que los hechos por los hombres.	
	I. Los hombres realizarían descubrimientos algo diferentes porque, los hombres son mejores que las mujeres en ciencia. J. Las mujeres probablemente realizarían descubrimientos algo mejores que los hombres, porque las mujeres son generalmente mejores que los hombres en algunas cosas como el instinto y la memoria.

60521 Trabajando en ciencia o tecnología, una buena científica mujer realizaría el trabajo básicamente de la misma manera que un buen científico hombre.	
NO hay diferencias entre científicos y científicas en la manera que hacen ciencia: F. Porque cualquier diferencia en la manera en que los científicos trabajan en ciencia se debe a las diferencias individuales. Tales diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer.	H. Los hombres trabajarían en ciencia de manera algo diferente, porque los hombres trabajan en ciencia mejor que las mujeres.
60531 Los científicos hombres se concentran sólo en el razonamiento objetivo (los hechos que apoyan una idea). Las mujeres científicas TAMBIÉN prestan atención a los valores humanos y sentimientos subjetivos (personales).	
	NO hay diferencias entre los científicos y las científicas: A. porque no hay lugar para los valores humanos y sentimientos subjetivos en el laboratorio y en la ciencia.
60611 Hoy día, en nuestro país, hay muchos más científicos que científicas. La PRINCIPAL razón de esto es:	
D. El estereotipo tradicional existente en la sociedad ha sido que los hombres son más listos y dominantes mientras que las mujeres son más débiles y menos lógicas. Este prejuicio ha causado que más hombres lleguen a ser científicos, aunque las mujeres son tan capaces en ciencia como los hombres. F. Hasta hace poco, se pensaba que la ciencia era una vocación de hombres y se esperaba que la mayoría de las mujeres trabajasen en casa o en trabajos tradicionales; por tanto, la imagen pública del científico ha desanimado a las mujeres, mientras ha animado más a los hombres para hacerse científicos. Pero esto está cambiando hoy día: la ciencia se está convirtiendo una vocación de mujeres y se espera que éstas trabajen en ciencia cada vez más.	A. los hombres son más fuertes, rápidos, brillantes y mejores en concentrarse en sus estudios. B. los hombres parecen tener más capacidad científica que las mujeres; éstas pueden sobresalir en otros campos.
0211 Cuando los científicos no están de acuerdo en un tema (por ejemplo, si un bajo nivel de radiación es perjudicial o no), principalmente es porque no tienen todos los hechos. Esta opinión científica no tiene NADA QUE VER con valores morales (buena o mala conducta) o con motivaciones personales (reconocimiento personal, agrandar a los trabajadores o a las instituciones que dan dinero).	
Los desacuerdos entre científicos pueden suceder: E. Por cierto número de razones como cualquier combinación de las siguientes: ausencia de hechos, desinformación, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos.	Los desacuerdos entre científicos pueden suceder: A. porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica.
70221 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sus sentimientos subjetivos o por motivaciones personales.	
	A. Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial.
70231 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Toman esta decisión por consenso; esto es, los que la proponen deben convencer a una gran mayoría de otros científicos para que crean en la nueva teoría.	
	Los científicos que proponen una teoría NO tienen que convencer a otros científicos: D. porque las pruebas que la apoyan hablan por sí mismas. E. porque cada científico decidirá individualmente si usa la teoría o no.

70311 Los científicos publican sus descubrimientos en revistas científicas. Lo hacen principalmente para alcanzar credibilidad a los ojos de otros científicos y de las instituciones que les dan apoyo económico, y por tanto, las publicaciones les ayudan a avanzar en sus carreras personales.	
Los científicos publican sus descubrimientos: B. Para ambas cosas, beneficiarse personalmente del crédito, la fama o fortuna que un descubrimiento pueda conllevar, y también para hacer avanzar la ciencia y la tecnología compartiendo ideas y, por tanto, construyendo sobre el trabajo de unos y otros.	
70321 Cuando un equipo de investigación hace un descubrimiento es correcto que lo anuncie a los medios de comunicación, antes que otros científicos lo hayan discutido.	
	El equipo de investigación debería anunciarlo directamente al público: A. para obtener credibilidad por el descubrimiento y evitar que otros científicos les roben la idea.
70611 Con los mismos conocimientos básicos, dos científicos pueden desarrollar la misma teoría independientemente uno de otro. El carácter del científico NO influye en el contenido de una teoría.	
	El carácter del científico NO influye en el contenido de una teoría: A. porque el contenido se basa en hechos y en el método científico, que no están influidos por aspectos personales.
70621 Algunos científicos brillantes como Einstein tienen una manera personal y peculiar de ver las cosas. Estos puntos de vista creativos determinan cómo interpretan las cosas otros científicos en el mismo campo.	
	E. Los científicos brillantes NO influyen en otros científicos. Cada científico tiene su particular manera de ver las cosas. Esto conduce a nuevas ideas en ciencia.
70711 Los científicos formados en distintos países tienen maneras diferentes de ver un problema científico. Esto quiere decir que el sistema educativo o la cultura de un país puede influir sobre las conclusiones a las que llegan.	
	El país NO marca diferencias: F. porque los científicos de todo el mundo usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.
80131 Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo, un reactor nuclear, un misil o una medicina nueva para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de que las ventajas para la sociedad compensan las desventajas.	
D. Muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero o alcanzar poder, aunque sus desventajas fueran más grandes que sus ventajas.	

Apéndice

Lista de mitos y concepciones ingenuas acerca de la naturaleza de la ciencia y tecnología, que sugieren las ideas previas de estudiantes y profesorado sobre estos temas.

Mitos	Concepciones ingenuas
Las relaciones entre ciencia y tecnología	Tecnología como ciencia aplicada Ciencia y tecnología son lo mismo.
Credulidad empirista	Rol de la teoría y la evidencia empírica. Los experimentos son el camino principal hacia el conocimiento.
La conexión entre la experimentación y la verificación o falsación de hipótesis	La evidencia empírica permite siempre la verificación decisiva de hipótesis Corolario: progreso solo acumulativo de la ciencia La aceptación de nuevos conocimientos científicos es inmediata.
Rol de la creatividad	Una hipótesis es una conjetura educada. La ciencia está más basada en procedimientos que en creatividad.
El mito del infalibilismo	La ciencia demuestra verdades absolutas incontrovertibles Las leyes científicas y otras ideas similares son absolutas.
Fábula de leyes-como-teorías-maduras	Las hipótesis se convierten en teorías, las cuales a su vez llegan a ser leyes.
Realismo ingenuo	Las teorías de la ciencia representan la naturaleza tal como es Modelos y clasificaciones son la realidad (realismo frente a instrumentalismo)
Método científico	Existe un método científico general y universal. La evidencia acumulada cuidadosamente producirá conocimiento cierto. La ciencia y sus métodos pueden resolver todos los problemas.
Cualidades de los científicos	Desinterés, objetividad ... Aislados de la sociedad (torre de marfil) La ciencia es un empeño individual.
Valores y contravalores de la ciencia: CUDEOS	Comunismo # secretismo Universalismo # localismo Desinterés # financiación, fama, proyectos, autoridad Escepticismo organizado # fidelidad al grupo, fraudes
Científicos inmunes a influencias no epistémicas	Negación de factores internos y externos frente a constructivismo social
Actitud tecnocrática	Los científicos y tecnólogos requieren de libertad total Científicos y tecnólogos tienen la última palabra en las decisiones
Mito de la ciencia y tecnología incontrolables	La sociedad no controla la ciencia y la tecnología Contra-argumento: las conclusiones científicas son revisadas por precisión.
Responsabilidad de los científicos	Los científicos responsables de los posibles daños que puedan producir y de informar al público sobre sus descubrimientos.
La ciencia contribuye a la investigación militar e industrial	La mayor parte de la investigación no se hace para el ejército. El control de la ciencia por las empresas sería más eficaz. Contra-argumento: mayoritaria sólo en algunos países; en otros, solo hay ciencia pura o investigación aplicada a la salud y la agricultura

La sociedad no influye en la ciencia.	La ciencia y el gobierno toman decisiones sin tener en cuenta las opiniones de otros. La investigación continúa adelante con independencia de enfrentamientos u opiniones éticas.
Ciencia y tecnología no influyen...	Sobre las formas de pensamiento Importancia de ambas para el poder militar y económico Resolver problemas sociales (actitudes ambivalentes, esperanza y desconfianza).
Toma de decisiones socio-técnicas.	Se apoyan las soluciones un poco más tecnocráticas.
Efectos positivos y negativos de la ciencia	Neutralizar sus potenciales efectos negativos No siempre es posible alcanzar el equilibrio entre positivo y negativo.
Efectos positivos y negativos de la tecnología	La tecnología: ecléctica, repartida entre lo positivo (mejora el nivel de vida) y lo negativo (efectos perjudiciales).