



## Los contenidos de ciencia, tecnología y sociedad en los nuevos currículos básicos de la educación secundaria en España

### Science, Technology and Society contents in the new basic curricula of secondary education in Spain

**Ángel Vázquez-Alonso**

Universidad de las Islas Baleares, España  
angel.vazquez@uib.es

**María-Antonia Manassero-Mas**

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

#### Resumo:

Literacia científica para todos é o principal objetivo da educação científica e os conteúdos de ciência, tecnologia e sociedade (CTS) são as suas componentes inovadoras. No entanto, muitos estudos indicam que o ensino destes conteúdos CTS é relegado por uma série de fatores que perpetuam a sua ausência nas salas de aula de ciências, entre os quais conta a sua ineficiente conceção curricular. Este artigo analisa a presença das questões CTS nos novos currículos espanhóis de ciência, de 2015, para ensino secundário (13-18 anos). O objetivo é fornecer uma visão mais precisa, sistemática e estruturada do currículo para facilitar a sua compreensão por parte dos professores e, portanto, o seu ensino adequado. Uma taxonomia importada da investigação em didática é aplicada aos novos conteúdos curriculares chamados padrão avaliável da aprendizagem, porque a sua maior especificidade permite identificar e classificar os conteúdos CTS com mais precisão. A presença de temas de CTS no novo currículo é mais extensa e detalhada que nos anteriores, embora a sua abordagem curricular ainda tenha uma deficiente estruturação: precisão terminológica melhorada, confusão com os processos da ciência e falta de um design de progressões de aprendizagem. Em conclusão, este estudo identifica e estrutura os temas CTS como um passo necessário para clarificar o currículo e promover uma melhor compreensão por parte dos professores – e uma melhor formação docente –, contribuindo para um melhor desenvolvimento do currículo e de materiais adequados, tendo em vista a qualidade do ensino científico sobre conteúdos CTS.

**Palavras-chave:** Ciência, Tecnologia e Sociedade; literacia em ciência e tecnologia; desenvolvimento curricular; padrões de aprendizagem.

#### Summary:

Scientific literacy for all is the main goal of science education curriculum, and science, technology and society (STS) is its innovative component. However, much research indicates that teaching this STS content is relegated due to various factors that perpetuate its absence from science classrooms, among which is its inefficient curricular design. This paper analyses the presence of this issue in the new Spanish basic science curricula 2015, for secondary education (13-18 years). The aim is to provide a more accurate, systematic and structured depiction of the curriculum to grant teachers a better understanding of it and therefore, its appropriate teaching method. A taxonomy imported



from educational research is applied to the new curriculum standards, called assessable learning standards because their greater specificity allows for a more accurately identifying and classifying of STS content. The presence of STS topics in the new curriculum is more extensive and detailed than in the previous ones, even though their curricular approach still has a poor structure: improvable terminological precision, confusion with the processes of science and lack of design through learning progressions. In conclusion, this study identifies and structures STS issues as a need to clarify the curriculum and provide a better understanding and training to teachers, so that both factors contribute to improving curriculum development, suitable materials and the quality of scientific teaching of STS content.

**Keywords:** Science, Technology and Society; science and technology literacy; curriculum development; learning standards.

#### Resumen:

La alfabetización científica para todos es el objetivo principal de la educación científica y los contenidos curriculares de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) constituyen su componente innovador. Pero muchas investigaciones indican que la enseñanza de estos contenidos CTS es relegada por toda una serie de factores diversos que perpetúan su ausencia del aula de ciencia, entre los cuales se encuentra su deficiente diseño curricular. Este trabajo analiza la presencia de estos temas en los nuevos currículos españoles básicos de ciencias de 2015 para la educación secundaria (13-18 años). El objetivo es ofrecer una visión más precisa, sistemática y estructurada del currículo, para facilitar al profesorado su comprensión y, en consecuencia, su enseñanza adecuada. Una taxonomía importada de la investigación didáctica se aplica a los nuevos contenidos curriculares denominados estándares de aprendizaje evaluables, porque su mayor concreción permite identificar y clasificar los contenidos CTS con mayor precisión. La presencia de temas de CTS en los nuevos currículos es más extendida y detallada que en los anteriores, aunque su planteamiento curricular todavía mantiene una deficiente estructuración: mejorable precisión terminológica, confusión con los procesos de la ciencia y carencia de un diseño de progresiones de aprendizaje. Como conclusión, este estudio identifica y estructura los temas CTS como un paso necesario para clarificar el currículo y ofrecer una mejor comprensión y formación al profesorado, de modo que ambos incidan en mejorar el desarrollo del currículo, de materiales adecuados y de la calidad de la enseñanza científica sobre contenidos CTS.

**Palabras clave:** Ciencia tecnología y sociedad; alfabetización en ciencia y tecnología; desarrollo curricular; estándares de aprendizaje.



## Introducción

Desde el punto de vista educativo, el lema de la alfabetización científica de todos los ciudadanos (o cultura científica), objetivo general de la educación científica hoy, tiene dos componentes básicos: la comprensión “de” la ciencia (los tradicionales conocimientos sobre hechos, conceptos, principios y procesos de la ciencia), y la comprensión “acerca” de la ciencia o ideas sobre ciencia (conocer cómo opera la ciencia hoy para validar sus conocimientos). Este segundo componente se denomina usualmente naturaleza de la ciencia y tecnología en la literatura anglosajona aunque aquí emplearemos la etiqueta CTS (Hodson, 2009; Millar, 2006).

Los contenidos educativos de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) son temas interdisciplinarios desarrollados desde la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia y tecnología, pero también desde la psicología, la economía, la política, la ética y otras. Estos contenidos son meta-conocimientos acerca de qué es la ciencia y cómo funciona en el mundo actual y justifica el conocimiento que produce. Por tanto, el tema central es la construcción y validación del conocimiento científico, que incluye cuestiones epistemológicas (los principios filosóficos que fundamentan los métodos empleados para construir, desarrollar, validar y difundir conocimiento), pero también cuestiones no menos importantes acerca de las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Clásicamente, estas últimas se han dividido en sociología interna de la ciencia (el rol de los científicos y la comunidad científica en la construcción social del conocimiento, los valores implicados en las prácticas científicas, las características de la comunidad científica, etc.), la interacción y vínculos entre ciencia y tecnología y la propuesta de la tecno-ciencia (I+D+I), y la sociología externa de CyT que incluye las influencias mutuas entre sociedad y sistema científico-tecnológico, donde aparece la educación, la comunicación, la innovación y las políticas científicas (Bennássar, Vázquez, Manassero, & García-Carmona, 2010; Erduran & Dagher, 2014). Estas ideas se concretan en una taxonomía operativa aplicada en este estudio (tabla 2).

## Contextualización teórica

Por ser un componente básico de la alfabetización científica de todas las personas, la inclusión de contenidos CTS en la educación científica es un objetivo transcendental. Desde hace lustros muchos países desarrollan currículos escolares que incluyen contenidos innovadores de CTS, cuyo ejemplo más reciente es “Next Generation Science Standards” en USA (NGSS, 2013). NGSS aportan una visión curricular reforzada, simplificada y renovada, pues agrupan los rasgos de CTS en dos conjuntos: los rasgos asociados a las prácticas científicas y los rasgos transversales (el conocimiento científico es una empresa humana y una forma de saber, que asume orden y consistencia en los sistemas naturales, y se ocupa de cuestiones del mundo natural y material). En España, la situación ha estado alejada de estos estándares y sigue representando un reto innovador para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, pues su complejidad y carácter innovador añaden dificultades a su enseñanza (McComas & Olson, 1998; Vázquez & Manassero, 2012b).

El Real Decreto 1105/2014, que establece el currículo básico de la educación secundaria obligatoria (ESO) y bachillerato (en adelante, RD1105), distribuye una pléyade de contenidos CTS en las diversas asignaturas. El objetivo de este estudio es identificar los contenidos CTS presentes en los nuevos currículos españoles, principalmente en las asignaturas de ciencias, para facilitar al profesorado



su enseñanza. Puesto que se trata de un análisis de contenidos, y los contenidos CTS hallados, en el marco teórico y la metodología expuestos, son muy extensos para caber en los límites de esta comunicación, todo ello condiciona que deban ser necesariamente breves, invitando a los lectores a ampliar detalles de lo en las referencias citadas.

## Metodología

La metodología aplicada es un análisis exhaustivo de contenidos al RD1105 para identificar los contenidos CTS entre los elementos curriculares mediante las categorías de una taxonomía de CTS que se usa como instrumento de análisis de contenidos.

## Participantes

El análisis tiene en cuenta la organización en distintos niveles y cursos de la ESO y bachillerato y, dentro de cada curso, en diversas asignaturas (biología, geología, física, química, cultura científica, tecnología,...). El currículo básico publicado en el RD1105 se presenta organizado para todas las asignaturas en tres partes: bloques de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables, que es un nuevo elemento que concreta los criterios (tabla 1).

Tabla 1. Estructura del diseño curricular común a todas las asignaturas establecido por el RD 1105 (el ejemplo corresponde a Cultura Científica de 4º ESO, Bloque 1 Procedimientos de trabajo).

| Contenidos                                | Criterios de evaluación   | Estándares de aprendizaje evaluables   |
|---|---|--|
| <b>Cultura Científica de 4º ESO</b>       | 1. Obtener, seleccionar y valorar informaciones relacionados con temas científicos de la actualidad.<br>2. Valorar la importancia que tiene la investigación y el desarrollo tecnológico en la actividad cotidiana. | 1.1. Analiza un texto científico, valorando de forma crítica su contenido.<br>2.1. Presenta información sobre un tema tras realizar una búsqueda guiada de fuentes de contenido científico, utilizando tanto los soportes tradicionales, como Internet.  |
| <b>Bloque 1 Procedimientos de trabajo</b> | 3. Comunicar conclusiones e ideas en distintos soportes a públicos diversos, utilizando eficazmente las tecnologías de la información y comunicación para transmitir opiniones propias argumentadas.                | 2.2. Analiza el papel que la investigación científica tiene como motor de nuestra sociedad y su importancia a lo largo de la historia.<br>3.1. Comenta artículos científicos divulgativos realizando valoraciones críticas y análisis de las consecuencias sociales de los textos analizados y defiende en público sus conclusiones. |



### Instrumentos

El criterio fundamental empleado para identificar los contenidos como temas CTS es que su formulación corresponda a un tema de filosofía, historia, o sociología de la ciencia de acuerdo con las descripciones proporcionadas en la introducción. Como concreción de esas descripciones se emplea una taxonomía de los temas CTS estructurada en diferentes campos, dimensiones y categorías (tabla 2).

Para describir un Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología, Sociedad (VOSTS-COCTS), Aikenhead y Ryan (1989) propusieron una taxonomía basada en los campos clásicos: estudios sobre la ciencia (filosofía e historia de la ciencia y la tecnología) y estudios sociales de la ciencia (sociología e historia de la ciencia y la tecnología). Estos campos se desarrollan en dimensiones que, a su vez, contienen nueve categorías las cuales se desarrollan en temas más específicos, que constituye un auténtico mapa global del campo muy útil para la clasificación de los temas CTS.

Recientemente, Erduran y Dagher (2014) sugieren dos grandes campos, cognitivo e institucional-social, para estructurar los contenidos de naturaleza de la ciencia. Ambas propuestas son complementarias y han sido sintetizadas y ampliadas por los autores en el instrumento resumido en la tabla 2, que presenta los detalles de los campos, dimensiones y categorías de la taxonomía aplicada (Bennássar et al., 2010).

Tabla 2. Campos, dimensiones y categorías de la taxonomía COCTS.

| Campos del conocimiento científico | Dimensiones                   | Categorías   |
|------------------------------------|-------------------------------|--|
| COGNITIVO                          | Definiciones<br>Epistemología | 1. Ciencia y Tecnología<br>9. Naturaleza del conocimiento científico   |
|                                    |                               | 2. Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia y Tecnología<br>3. Influencia triádica CTS<br>4. Influencia de Ciencia y Tecnología sobre la Sociedad<br>5. Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad |
| INSTITUCIONAL Y SOCIAL             | Sociología Externa            | 6. Características de los científicos  |
|                                    | Sociología Interna            | 7. Construcción social del conocimiento científico<br>8. Construcción social de la tecnología  |

El campo correspondiente a los aspectos cognitivos del conocimiento científico incluye las relaciones entre ciencia y tecnología y la naturaleza del conocimiento científico. El segundo campo incluiría los aspectos institucionales y sociales de CyT, que a su vez se desarrolla en dos dimensiones, sociología externa (las relaciones con otros elementos e instituciones sociales) y sociología interna (que comprende actividades y valores profesionales desarrollados por científicos y tecnólogos dentro de sus comunidades de prácticas).



## Procedimiento

De los tres elementos del currículo, los estándares de aprendizaje evaluables son los elementos más específicos, pues contienen las menciones más concretas a temas CTS. Por ello, estos elementos (estándares) han centrado el análisis de contenidos para la identificación de temas CTS en el currículo y se mencionan en los resultados.

Los estándares identificados en el análisis se presentan con adaptaciones de su redacción original para reducir la extensión de esta comunicación. Una adaptación general consiste en acortar la redacción de los estándares, eliminando aquellos elementos que no se relacionan con temas CTS o que son redundantes.

En los casos de los estándares seleccionados en conjunto por corresponder a un bloque completo de contenidos CTS, la adaptación ha consistido en eliminar aquellos estándares del bloque que no se refieren a temas CTS.

## Resultados

La presentación de los temas CTS identificados se organiza en dos niveles, un nivel de bloques, donde se presentan aquellos elementos CTS que afectan total o parcialmente a un bloque de contenidos, y por ello son más frecuentes, comunes y transversales al currículo, y un segundo nivel de casos singulares, donde se presentan aquellos elementos CTS que aparecen en el currículo como referencias específicas, concretas y aisladas.

### Nivel de bloques: temas formulados en un bloque

En este apartado se presentan los estándares de aprendizaje evaluables CTS que se presentan en el currículo como un bloque completo o casi completo del currículo y que se caracterizan por una amplia presencia transversal en la mayoría de las asignaturas. En general, los bloques curriculares que contienen elementos completos o casi completos CTS son de tres tipos: bloques referidos a la actividad o metodología científica (generalmente detallan habilidades, destrezas y estrategias científicas usualmente reconocidas en la didáctica como procesos de indagación científica), los bloques o partes de bloque referidos a proyectos de investigación (los estudiantes se implican en la realización de un proyecto de investigación científica) y, finalmente, los bloques o partes del bloque que se refieren a temas del medio ambiente. Cada uno de estos tipos se analiza en los apartados siguientes.

#### *Bloques referidos a procesos de indagación científica*

Estos bloques usualmente están situados en el primer lugar del currículo (como bloque 1) en las diversas asignaturas que lo presentan. Sin embargo, también hay algunas asignaturas que no presentan este bloque, entre las que se encuentran las asignaturas de biología y geología de bachillerato, por ejemplo.



Tabla 3. Estándares de aprendizaje evaluables correspondientes al bloque de contenidos referido a procesos de indagación científica en dos asignaturas ejemplares (redacción adaptada del RD1105).

| <b>Asignatura / bloque de contenidos</b>  | <b>Estándares de aprendizaje evaluables</b>   |
|---|---|
| <b>Biología y Geología.</b><br><b>1º y 3º ESO</b><br><br><b>Bloque 1.</b><br><b>Habilidades, destrezas y estrategias.</b><br><b>Metodología científica.</b> | Identifica vocabulario científico, expresa correctamente (oral y escrito). Busca, selecciona e interpreta la información de diversas fuentes. Transmite información precisa utilizando diversos soportes. Utiliza la información científica para formar opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados. Conoce y respeta las normas de seguridad en laboratorio, cuida instrumentos y material. Desarrolla con autonomía planificación experimental, utiliza instrumentos ópticos, material básico, argumenta el proceso experimental seguido, describe observaciones e interpreta resultados.  |
| <b>Física y Química.</b><br><b>2º y 3º ESO</b><br><br><b>Bloque 1.</b><br><b>La actividad científica</b>  | Formula hipótesis para explicar fenómenos cotidianos utilizando teorías y modelos científicos. Registra observaciones, datos y resultados, organizada y rigurosamente, y comunica oral y escrita utilizando esquemas, gráficos, tablas y expresiones matemáticas. Relaciona investigación científica con aplicaciones tecnológicas cotidianas. Reconoce e identifica símbolos de etiquetado de productos químicos e instalaciones. Identifica material e instrumentos básicos de laboratorio y conoce su utilización, respeta normas de seguridad e identifica actitudes y medidas preventivas. Selecciona, comprende e interpreta información de divulgación científica y transmite conclusiones utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad. Identifica características de fiabilidad y objetividad de información en internet y medios digitales. <i>Realiza pequeños trabajos de investigación aplicando el método científico y utilizando las TIC.</i> <i>Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.</i> |



La tabla 3 presenta los contenidos más importantes relativos a los temas CTS de dos asignaturas científicas en la forma específica de los estándares de aprendizaje evaluables. La primera característica que llama la atención de estos estándares es que su redacción no guarda una progresión evolutiva entre los diversos cursos y niveles y entre las diversas asignaturas. Por ejemplo, los estándares de la asignatura biología y geología del curso 1º de ESO y física y química de 2º curso tienen elementos coincidentes, pero también elementos muy diferentes. Aunque se podría argumentar que estas diferencias reflejan diferencias entre disciplinas que podrían ser útiles, tratándose de una etapa de educación básica y estándares genéricos y transversales a todas las ciencias, parece obvio que sería más beneficioso para los estudiantes que los estándares fuesen más homogéneos para ambas asignaturas.

Otra característica es la diferencia de contenidos de los estándares cuando se comparan distintos cursos o, especialmente, distintas asignaturas. Por ejemplo, el planteamiento de los estándares de aprendizaje evaluables correspondientes a los mismos contenidos que realiza la asignatura de biología y geología en primero de ESO y la asignatura de física y química en segundo de ESO es muy diferente. Así, ya el título del bloque es epistemológicamente diferente; en 1º de ESO (biología y geología) es "habilidades destrezas y estrategias, metodología científica", mientras en 2º curso de ESO (física y química) es "la actividad científica". Aunque parecidos, ambos títulos no son epistemológicamente equivalentes: el primero induce una idea ingenua acerca de la existencia de una metodología científica singular, específica, única y universal, que presuntamente practican todos los científicos, mientras el segundo (actividad científica) es más apropiado. Sin embargo, en el desarrollo de los contenidos del bloque, vuelve contradictoriamente a la formulación ingenua anterior recuperando la etiqueta ingenua de "la metodología científica" (texto no incluido en tabla 3).

La planificación curricular de los estándares abarca todos los cursos y asignaturas, y la mixtificada redacción de los estándares entre las diversas asignaturas, analizada en el párrafo anterior, no favorece la tarea de graduar evolutivamente los estándares entre los diferentes cursos (secuencias de aprendizaje). Esto implica una tarea compleja añadida que deben realizar los profesores, lo cual es un factor disuasorio para su enseñanza.

#### *Bloques referidos a proyecto de investigación*

Estos bloques proponen que los estudiantes se impliquen en la realización de un proyecto de investigación científica, adaptado al nivel educativo y asignatura. Bastantes asignaturas no presentan estos contenidos como bloque separado, y algunas como estándar concreto de un bloque. Por ejemplo, los estándares evaluables en cursiva (tabla 3) de la lista de física y química de ESO, se refieren al proyecto de investigación no como bloque separado sino dentro del bloque de actividad científica.





Tabla 4. Estándares de aprendizaje evaluables correspondientes al bloque de contenidos referido a proyecto de investigación en dos asignaturas ejemplares (redacción adaptada del RD1105).

| <b>Asignatura / bloque de contenidos</b>  | <b>Estándares de aprendizaje evaluables</b>  |
|---|--|
| <b>Biología y Geología. 1º y 3º ESO; 4º ESO</b><br><b>Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional. 4º ESO</b><br><b>Bloque 7. Proyecto de investigación</b> | Integra y aplica las destrezas propias del método científico.<br>Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.<br>Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.<br>Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.<br>Diseña pequeños trabajos de investigación para su presentación y defensa en el aula.<br>Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones. |
| <b>Física. 2º Bachillerato</b><br><b>Bloque 6. Física del siglo XX, Fronteras de la Física.</b>   | Realiza y defiende un estudio sobre las fronteras de la física del siglo XXI.  |

El diseño de los estándares de aprendizaje evaluables correspondientes al proyecto de investigación (tabla 4) presenta una redacción exactamente igual en las cuatro asignaturas de ESO que contienen este bloque. Esta redacción homogénea permite realizar mejor la progresión evolutiva entre las diferentes asignaturas de los distintos cursos, y a la vez, constituye una guía más desarrollada para aquellas otras asignaturas que sólo contienen una pequeña referencia escueta a los proyectos de investigación que deben desarrollar los estudiantes.

También es reseñable el planteamiento que realiza la física de segundo curso de bachillerato sobre la cuestión de las fronteras o límites de la ciencia.

#### *Bloques referidos a temas de medio ambiente*

Los temas referidos al medio ambiente constituyen unos contenidos ampliamente transversales a los distintos niveles, etapas, cursos y asignaturas: aparecen en la mayoría de las asignaturas científicas, bien como bloques o bien como referencias aisladas. Los estándares de aprendizaje evaluables referidos a cuestiones de medio ambiente diseñados en bloques son predominantes para las asignaturas de biología y geología, y muy especialmente la asignatura específica de bachillerato de ciencias de la tierra y del medio ambiente. La tabla 5 presenta como ejemplo una asignatura



novedosa y las referencias incluidas no reflejan la gran cantidad de aspectos cognitivos sobre el tema del currículo, sino que se limitan, precisamente, a aquellos aspectos del medio ambiente que tienen un enfoque CTS, es decir, que plantean las relaciones e impactos entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente.

Tabla 5. Estándares de aprendizaje evaluables correspondientes al bloque de contenidos referido a temas de medio ambiente en una asignatura novedosa (redacción adaptada del RD1105).

| <b>Asignatura / bloque de contenidos</b>  | <b>Estándares de aprendizaje evaluables</b>   |
|---|---|
| <b>Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional. 4º ESO</b><br><br><b>Bloque 2. Aplicaciones de la ciencia en la conservación del medio ambiente</b> | <p>Utiliza el concepto de contaminación aplicado a casos concretos. Categoriza lluvia ácida, efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono y el cambio global climático y valora sus efectos negativos para el equilibrio del planeta.</p> <p>Relaciona los efectos contaminantes de la actividad industrial y agrícola sobre el suelo.</p> <p>Discrimina los agentes contaminantes del agua, conoce su tratamiento y diseña algún ensayo sencillo de laboratorio para su detección.</p> <p>Establece en qué consiste la contaminación nuclear, analiza la gestión de los residuos nucleares y argumenta a favor y en contra de la energía nuclear.</p> <p>Reconoce y distingue los efectos de la contaminación radiactiva sobre el medio ambiente y la vida.</p> <p>Determina los procesos de tratamiento de residuos y valora críticamente la recogida selectiva.</p> <p>Argumenta pros y contras del reciclaje y la reutilización.</p> <p>Identifica y describe el concepto de desarrollo sostenible, enumera posibles soluciones al problema de la degradación medioambiental.</p> <p>Aplica junto a sus compañeros medidas de control de la utilización de los recursos e implica en el mismo al propio centro educativo.</p> <p>Plantea estrategias de sostenibilidad en el entorno del centro.</p> |



Las referencias a los temas del medio ambiente (tabla 5) son amplias y extendidas en casi todas las asignaturas, aunque llama la atención su ausencia en las asignaturas de biología y geología de ESO.

### Menciones de temas sobre CTS

Las menciones de temas sobre CTS recogen las referencias curriculares en estándares de aprendizaje evaluables que plantean cuestiones más específicas que la generalidad de los bloques analizados anteriormente.

La asignatura Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional de cuarto curso de la ESO aporta numerosos estándares de aprendizaje evaluables. Entre ellos, cabe destacar el tema de la investigación, el desarrollo y la innovación y su importancia para la sociedad, el impacto de los avances en biomedicina, genética y las tecnologías de la comunicación y la información.

También cabe destacar en este apartado la contribución de una asignatura no científica (filosofía de bachillerato, en el tema del conocimiento) que refleja las principales contribuciones históricas de la filosofía de la ciencia a los temas de naturaleza de ciencia y tecnología. Por su carácter indisciplinar, los planteamientos desde la filosofía de la ciencia pueden ser un contrapunto muy interesante a la formación de los estudiantes de la modalidad de ciencia y tecnología en el bachillerato sobre estas cuestiones CTS.

Tabla 6. Estándares de aprendizaje evaluables en una asignatura ejemplar correspondientes a menciones de temas CTS no incluidos en las tablas anteriores (redacción adaptada del RD1105).

| Asignatura / bloque de contenidos  | Estándares de aprendizaje evaluables  |
|--|---|
| <b>Tecnología. 4º ESO</b><br><b>Bloque 6.</b><br><b>Tecnología y sociedad</b><br><b>El desarrollo tecnológico a lo largo de la historia.</b> | Identifica los cambios tecnológicos más importantes en la historia de la humanidad.<br>Analiza objetos técnicos y su relación con el entorno, interpretando su función histórica y la evolución tecnológica.<br>Elabora juicios de valor frente al desarrollo tecnológico a partir del análisis de objetos, inventos y descubrimientos con su contexto.<br>Interpreta las modificaciones tecnológicas, económicas y sociales en cada periodo histórico ayudándose de documentación escrita y digital. |

También cabe destacar el planteamiento de las cuestiones éticas relacionadas con la ciencia y tecnología que hace la asignatura específica sobre tecnologías de la información y la comunicación de cuarto curso de ESO.

La mayoría de las referencias con menciones específicas a temas CTS provienen de asignaturas de bachillerato. Las asignaturas de física y química de bachillerato plantean, desde diversas perspectivas, el impacto de la ciencia en la calidad de vida a través del desarrollo de múltiples tecnologías



(biomedicina, combustiones, energía, desarrollo de materiales, alimentación, agricultura, etc.), así como las ventajas y desventajas de sus usos y aplicaciones. La geología de segundo de bachillerato menciona cuestiones comunes sobre procesos científicos y el impacto de la actividad humana y otros aspectos más innovadores y específicos como los riesgos y el respeto y la conservación del patrimonio natural.

La asignatura de anatomía aplicada de ESO ofrece la curiosidad de presentar un bloque de contenidos comunes, donde engloba aspectos de destrezas de uso de las tecnologías de la información y comunicación, procesos de investigación científica y trabajo de investigación en equipo.

Finalmente, las asignaturas de tecnología (ESO y tecnología industrial de bachillerato) plantean temas CTS novedosos como la evolución histórica de la tecnología, su influencia sobre el desarrollo científico, económico, social y cultural, el impacto medioambiental de las industrias, el consumo energético de máquinas y herramientas, etc.

## Conclusiones

El hallazgo más positivo del análisis de los currículos básicos de las asignaturas de ciencia y tecnología en la ESO y bachillerato es la presencia abundante de los temas CTS en todas las asignaturas de ciencias y tecnología, resultado que puede considerarse una victoria de la investigación CTS que logra introducir sus planteamientos en la política educativa.

A su lado, hay que constatar también que estos temas CTS carecen de un planteamiento global en el currículo, lo cual se manifiesta en la ausencia de una referencia explícita a su denominación didáctica (CTS o naturaleza de la ciencia y tecnología), eludiendo con ello su diferenciación, organización y estructuración adecuadas para favorecer una mejor enseñanza. La discusión que sigue presenta diversos corolarios para la enseñanza de esta carencia global.

El reparto de esta relativa abundancia de temas CTS en el currículo no es equitativo ni homogéneo (parecida extensión y formulación) entre las diversas asignaturas, como debería esperarse, ya que los temas CTS son transversales, y por lo tanto, comunes a las ciencias (aun respetando los matices diferenciales entre ellas). En consecuencia, los estudiantes van a aprender más o menos contenidos CTS, dependiendo de la asignatura considerada. Por ejemplo, el tratamiento del proyecto de investigación en las asignaturas de biología y geología de ESO comprende un detallado bloque completo de currículo, mientras en las asignaturas de física y química de la misma etapa ESO el proyecto se reduce a una breve mención dentro de otro bloque.

Las formulaciones de los temas CTS en diversas asignaturas son muy diferentes, lo cual puede inducir diferentes enseñanzas y aprendizajes para los mismos alumnos. Por ejemplo, la formulación elegida para describir las actividades de los científicos en las asignaturas de biología y geología de ESO se expresa como "la metodología científica" mientras en las asignaturas de física y química se refiere como "la actividad científica". En la asignatura cultura científica, optativa en 4º de ESO, se usa una tercera denominación (investigación científica) para referirse a las actividades de los científicos y su contenido curricular es diferente a las anteriores. Además, las asignaturas de física y química de bachillerato desarrollan ampliamente contenidos de investigación científica o menciones relevantes



sobre ello, mientras las asignaturas biología y geología de bachillerato carecen de bloques sobre estos contenidos (Höttecke & Silva, 2011; Matthews, 2012).

La repetida denominación "la metodología científica" (nótese el uso del artículo determinado "la") induce una creencia epistemológica ampliamente cuestionada hoy por ingenua y desinformada: la existencia de una única metodología científica, formada por una serie de operaciones fijas, realizadas mayoritariamente por los científicos. Por el contrario, hoy se reconoce una diversidad de actividades científicas, que varían según las diferentes especialidades de las ciencias y este aspecto sería parte del arsenal de "errores conceptuales" infundidos por el currículo (Vázquez & Manassero, 2012a).

Un objetivo de la alfabetización CyT es dominar el lenguaje especializado de CyT, pero la presentación curricular de los temas CTS hace difícil el logro de este objetivo pues usa un vocabulario inadecuado y heterogéneo, que incurre en conocidas deformaciones, mitos y creencias ingenuas (como la ya citada en el párrafo anterior), con el consiguiente impacto negativo sobre la enseñanza que se derivan de un currículo imprecisamente formulado. Debe reiterarse el caso de la inadecuada expresión "el método científico: sus etapas", del bloque 1 "la actividad científica" de ESO, que resulta más incoherente, además, porque el título del bloque donde se inserta es más adecuado; la expresión epistemológicamente más correcta del título (actividad científica) se contradice en la letra menuda que lo desarrolla, pues cae en el concepto ingenuo del método científico (único y de etapas). Otro ejemplo de uso impropio del vocabulario es la utilización de términos matemáticos como "fórmula" y "ecuación" cuando, epistemológicamente, se refiere a y debe decir una "ley" científica, pues fórmulas y ecuaciones son expresiones matemáticas de una ley, que es el concepto epistemológicamente relevante (Lederman, 2008; Vázquez & Manassero, 2012a).

Más sofisticada es la solapada confusión entre los procesos de la ciencia (observar, emitir hipótesis, experimentar,...), que son contenidos procedimentales – saber hacer - (p.e. los estudiantes "realizan" buenas observaciones), y los aspectos epistemológicos implicados en esos procesos – meta-saber acerca de la ciencia - que son los contenidos CTS (p.e. valor y límites de la observación para validar conocimiento científico). Ambas perspectivas, evidentemente, son complementarias e interrelacionadas, pues la práctica del proceso "observar" constituye, tal vez, el mejor contexto para poder enseñar a los estudiantes los aspectos epistemológicos relacionados con la observación. Sin embargo, ambas perspectivas son diferentes, y su confusión conceptual puede llevar a una de los grandes laberintos docentes: la creencia en el aprendizaje implícito de temas CTS. Debe reiterarse que practicar un proceso no enseña automáticamente su contenido CTS, es decir, enseñar el proceso de observar no implica necesariamente que el alumno aprenda la epistemología de la observación. Aprender a observar requiere practicar la observación; aprender los aspectos epistemológicos de la observación requiere que su enseñanza sea planificada explícitamente por el profesor y las actividades para su aprendizaje sean del tipo reflexivo: centradas, discutidas, elaboradas, argumentadas, etc. por los estudiantes (Deng, Chen, Tsai, & Chai, 2011).

Una vez institucionalizados los contenidos CTS en los currículos oficiales, las dificultades para implementarse en las aulas surgen de su carácter innovador, que genera siempre resistencias, por su complejidad y novedad. Por un lado, en diversos países y con diferentes instrumentos, el profesorado sostiene creencias ingenuas, tradicionales, positivistas e idealistas sobre CTS (Bennássar et al., 2010; Lederman, 2008; Vázquez & Manassero, 2012a). Por otro, faltan de materiales y formación



del profesorado para aplicar estos contenidos en el aula (Matthews, 1994), aunque cada vez existen disponibles más materiales y de mejor calidad (Allchin, 2012; Vázquez & Manassero, 2013b; Vázquez, Manassero, & Orfiz, 2013; Vázquez-Alonso, Manassero-Mas, & Bennàssar-Roig, 2014). Pero lo más crucial para la enseñanza CTS es que diversos estudios denuncian un factor más profundo: el profesorado no percibe la necesidad de cambiar su práctica de aula para innovar enseñando temas CTS (p.e. Abd-el-Khalick & Akerson, 2009; Akerson, Morrison, & Mcduffie, 2006; Höttecke & Silva, 2011).

Los contenidos CTS son complejos, meta-cognitivos, multifacéticos, dinámicos y con componentes del ámbito afectivo y de valores (ver revisión en Vázquez & Manassero, 2012a) que no permiten ser enseñados como contenidos acabados y memorizables ("la ciencia es..."), sino como contenidos interrelacionados, cuyo aprendizaje debe estar enfocado a la comprensión y a la convicción argumentada ("la ciencia es..., pero también es... y en determinadas situaciones podría ser.... etc."), desde una perspectiva auténtica, abierta y crítica (Allchin, 2011; Matthews, 2012).

El meta-análisis de las investigaciones concluye dos condiciones clave para la eficacia de su enseñanza (Deng et al., 2011):

- el carácter explícito de la enseñanza y
- la realización de actividades reflexivas sobre CTS.

En resumen, el currículo básico de la educación secundaria y el bachillerato ofrece un amplio espectro de contenidos que ofrecen múltiples oportunidades para enseñar los temas innovadores CTS. La investigación didáctica advierte sobre las grandes dificultades de su enseñanza y la necesidad de apostar por formar al profesorado de ciencias y disponer de mejores materiales didácticos para enseñar, que ayuden a dar mayor coherencia entre las diversas asignaturas, mejor precisión epistemológica al lenguaje y a su progresiva implantación innovadora real y no solo formal (Vázquez & Manassero, 2013a; Vázquez, Manassero, & Bennàssar, 2014).

## Referencias

- Abd-el-Khalick, F., & Akerson, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education, 31*, 2161-2184.
- Aikenhead, G.S., & Ryan, A.G. (1989). *The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics*. Final Report of SSHRCC Grant: Autor.
- Akerson, V. L., Morrison, J. A., & Mcduffie, A. R. (2006). One course is not enough: preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(2), 194-213.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education, 95*, 518-542.
- Allchin, D. (2012). The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. *Science & Education, 21*, 1263-1281.



- Bennássar, A., Vázquez, Á., Manassero M.A., & García-Carmona, A. (Coor.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI. Consultado en [www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf](http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf)
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C.-S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961–999.
- Echeverría, J. (2010). De la filosofía de la ciencia a la filosofía de la tecnociencia. *Daímon Revista Internacional de Filosofía*, 50, 31-41.
- Erduran, S., & Dagher, Z.R. (Eds.) (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Dordrecht: Springer.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and value*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Höttecke, D., & Silva, C.C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge - An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 20(3-4), 293-316.
- Lederman, N.G. (2008). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. London: Routledge.
- Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies* (pp. 3–26). Dordrecht: Springer.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W.F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W.F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-72). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- NGSS Next Generation Science Standards (2013). *The Next Generation Science Standards*. Washington: National Academy of Sciences. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>
- Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, 18, 275–298.
- Vázquez, Á., & Manassero, M.A. (2012a). 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* 9(1), 2-33. Consultado en <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/view/221>

Vázquez, Á., & Manassero, M.A. (2012b). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 34-55. Consultado en <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/view/222>

Vázquez, Á., & Manassero, M.A. (2013a). La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 630-648. Consultado en <http://reuredc.uca.es>

Vázquez, Á., & Manassero, M. A. (2013b). Historical Resources for Teaching about Scientific Decision-Making. First Autumn School on History of Science and Education, Barcelona, 14-16 noviembre. Consultado en <http://schct.iec.cat/Web1AutumnSchool/FirstAutumnSchool.html>

Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M.A., & Bennássar-Roig, A. (Comp.) (2014). *Secuencias de Enseñanza Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. Unidades Didácticas del proyecto EANCYT*. Palma de Mallorca: Autor (CD).

Vázquez Alonso, Á., Manassero Mas, M. A., & Ortiz Bonnin, S. (2013). Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 243-268.