



Vol.21, nº1 (Enero-Abril 2017)

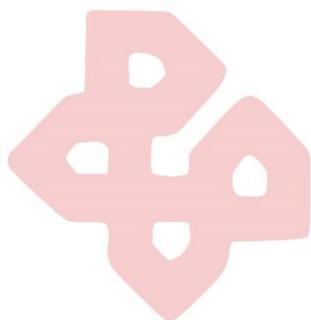
ISSN 1138-414X, ISSNe 1989-639X

Fecha de recepción: 24/03/2015

Fecha de aceptación: 19/10/2015

CONTENIDOS DE NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LOS NUEVOS CURRÍCULOS BÁSICOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

*Contents of nature of science and technology in the new basic curricula
for secondary education*



**Ángel Vázquez-Alonso y
María-Antonia Manassero-Mas**
Universidad de las Islas Baleares,
E-mail: angel.vazquez@uib.es
ma.manassero@uib.es

Resumen:

Los temas de naturaleza de ciencia y tecnología (NdCyT) constituyen el componente innovador de la alfabetización científica para todos, que la investigación didáctica proclama como objetivo principal de la educación científica. Algunas investigaciones indican que la enseñanza de estos temas es relegada por la influencia de una serie de factores tales como su presencia imprecisa en el currículo (escasez, desorganización y dispersión), su complejidad, la escasa tradición innovadora, la falta de formación del profesorado y materiales educativos específicos, que se realimentan para perpetuar su ausencia del aula de ciencias. Este artículo analiza la presencia de estos temas en los nuevos currículos básicos de educación secundaria obligatoria (ESO) y bachillerato, publicados por el Ministerio de Educación español en 2015, con el objetivo de facilitar al profesorado una visión más precisa, sistemática y estructurada de ellos, para así vencer su tradicional relegación u olvido e incentivar su enseñanza adecuada. El análisis aplica una taxonomía importada de la investigación didáctica sobre los nuevos estándares de aprendizaje evaluables, porque la mayor concreción de este contenido curricular permite identificar y clasificar los contenidos NdCyT con mayor precisión.

Los resultados muestran que la presencia de temas de NdCyT en los currículos básicos de ciencias es más extendida y detallada, aunque irregular. Sin embargo, todavía subsisten deficiencias en el planteamiento curricular de esos contenidos (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 NdCyT como un paso necesario para clarificar el currículo, comprender y formar mejor al profesorado, de modo que incida en mejorar el desarrollo del currículo y de materiales adecuados y la calidad de la enseñanza científica sobre contenidos de NdCyT.

Palabras clave: *Didáctica de las Ciencias, Alfabetización Científica y Tecnológica, Naturaleza de Ciencia y Tecnología, Formación del Profesorado de Ciencias, Enseñanza Reflexiva, Estándares de Aprendizaje.*

Abstract:

The themes of nature of science (NoS) and technology are the innovative component of scientific and technological literacy for all citizens, which is advocated from the research as the main aim for science education. Some research also points out that the teaching of NoS issues is often relegated due to a set of factors, such as the inaccurate curricular presentation (scarcity, disorganization and dispersion), its complexity, the scarce innovative tradition, and lack of training and specific educational materials, which reinforce themselves to perpetuate their absence in science classrooms. This paper analyses the presence of NoS issues in the new core curricula for compulsory secondary and high school education, published in early 2015 by the Spanish Ministry of Education, aimed at helping teachers to get an accurate, systematic and structured vision, to overcome their traditional relegation or omission and thus promoting a better education of these issues. The analysis applies a taxonomy imported from the educational research on the learning standards for assessment, because this curricular contents display high specificity that allows the identification and classification of NoS contents in curricula with the highest accuracy. The results show that NoS contents in curricula reach a detailed and extended, yet uneven, presence. However, some shortcomings still remain in the curricular approach to NoS issues (improvable conceptual precision, unclear delimitation with the processes of science, lack of learning progression design). In conclusion, the study identifies and structures NoS issues, as a necessary step forward to clarify the curriculum and to improve teachers' understanding and training on NoS, as means to globally improve the NoS curriculum and new NoS materials development and the quality of NoS teaching.

Keywords: *Science Education, Scientific and Technological Literacy, Nature of Science and Technology, Curriculum Development, Science Teacher Education, Reflective Teaching, Academic Standards.*

1. Presentación y justificación

Desde el punto de vista educativo, el lema de la alfabetización científica de todos los ciudadanos (o cultura científica), generalizado hoy como objetivo general de la educación científica, 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 en la literatura anglosajona (Hodson, 2009; Millar, 2006).

La naturaleza de la ciencia es la denominación empleada para designar los contenidos interdisciplinarios desarrollados especialmente desde la historia, la

filosofía y la sociología de la ciencia y tecnología, pero también la psicología, la economía, la política, la ética y otras. Estos contenidos son meta-conocimientos acerca de qué es la ciencia y cómo funciona la ciencia en el mundo actual para justificar 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 relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS), que se dividen en sociología interna de la ciencia (el trabajo de los científicos y la comunidad científica en la construcción social del conocimiento, valores implicados en las prácticas científicas, características de la comunidad científica, etc.), la interacción y vínculos entre ciencia y tecnología y la propuesta de la tecnociencia (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 (Bennáscar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010; Erduran y Dagher, 2014).

La ciencia hoy se caracteriza por una profunda interacción entre ciencia y tecnología (CyT). La ciencia busca el conocimiento como un fin en sí mismo, pero también como medio para lograr nuevos objetivos a través de desarrollos tecnológicos e innovaciones (tecnológicos, empresariales, económicos, militares o políticos), que revierten en más conocimiento científico, mediante instrumentación, y en nuevo conocimiento tecnológico, apoyado en conocimiento científico, en conocimiento práctico y en las relaciones con la sociedad (Echeverría, 2010). En el ámbito educativo, el concepto de tecnociencia permite, por analogía, extender de una manera natural el concepto de naturaleza de la ciencia a la denominación integral de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), que se usa en adelante para describir con precisión las relaciones C-T-S en el mundo actual (Tala, 2009).

Los temas de NdCyT reflejan el nivel meta-cognitivo del pensamiento y los procesos científicos. El rasgo de NdCyT más transversal a diferentes disciplinas científicas es, tal vez, la provisionalidad del conocimiento, es decir, su constante apertura a revisión y cambio continuos. Otros rasgos generales son la naturaleza humana de la empresa científica, presuponer orden y consistencia en los sistemas naturales, basarse en pruebas empíricas y usar una variedad de métodos para proponer teorías, leyes y modelos para explicar los fenómenos naturales (McComas, 1998; Vázquez y Manassero, 2012a).

Por ser un componente básico de la alfabetización científica de todas las personas, la inclusión de NdCyT en la educación científica es un objetivo transcendental. Desde hace lustros muchos países desarrollan currículos escolares que incluyen contenidos innovadores de NdCyT, cuyo ejemplo más reciente es USA “Next Generation Science Standards” (NGSS, 2013). NGSS aporta una visión curricular reforzada, simplificada y renovada, agrupando los rasgos de NdCyT en dos grupos: 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 y Olson, 1998; Vázquez y Manassero, 2012b).

El Real Decreto 1105/2014, que establece el currículo básico de la ESO y bachillerato (en adelante, RD1105), presenta una pléyade de contenidos de NdCyT en sus diversos elementos. El objetivo de este estudio es identificar los contenidos de NdCyT 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 contenido, y los contenidos a mostrar son muy extensos, lo cual condiciona que en el marco teórico expuesto y la metodología deban ser necesariamente breves, imitando a los lectores a ampliar el detalle de lo que se consideran temas de NdCyT en las referencias citadas.

2. Metodología

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

2.1. Muestra

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,...). El currículo básico publicado en el RD1105 se presenta organizado por asignaturas en tres partes: bloques de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables, que concretan los criterios (tabla 1).

Tabla 1

Estructura del diseño y desarrollo curricular común a todas las asignaturas tomada del RD1105 (ejemplo de Biología y Geología. 1º y 3ºESO, Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica).

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
La metodología científica. Características básicas. La experimentación en Biología y geología: obtención y selección de información a partir de la selección y recogida de muestras del	1. Utilizar adecuadamente el vocabulario científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel. 2. Buscar, seleccionar e interpretar la información de carácter científico y utilizar dicha información para formarse una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y la salud. 3. Realizar un trabajo	Identifica los términos más frecuentes del vocabulario científico, expresándose de forma correcta tanto oralmente como por escrito. Busca, selecciona e interpreta la información de carácter científico a partir de la utilización de diversas fuentes. Transmite la información seleccionada de manera precisa utilizando diversos soportes. Utiliza la información de carácter científico para formarse una opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados. Conoce y respeta las normas de seguridad en el laboratorio, respetando y cuidando los instrumentos y el material empleado.

medio natural.	experimental con ayuda de un guión de prácticas de laboratorio o de campo describiendo su ejecución e interpretando sus resultados.	Desarrolla con autonomía la planificación del trabajo experimental, utilizando tanto instrumentos ópticos de reconocimiento, como material básico de laboratorio, argumentando el proceso experimental seguido, describiendo sus observaciones e interpretando sus resultados.
----------------	---	--

2.2. Instrumento

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

Hace más de dos décadas, Aikenhead y Ryan (1989) propusieron una taxonomía basada en los campos clásicos: estudios sobre la ciencia y estudios sociales de la ciencia. Estos se desarrollan en dimensiones que, a su vez, contienen nueve categorías más específicas, que constituye un auténtico mapa global del campo muy útil para la clasificación de los temas de NdCyT.

El campo correspondiente a los estudios sobre la ciencia plantea los aspectos cognitivos del conocimiento científico, que incluye las relaciones entre ciencia y tecnología y la naturaleza del conocimiento científico. El segundo gran campo incluiría los aspectos sociales e institucionales de la ciencia y la tecnología, 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). La propuesta inicial de Aikenhead y colegas ha sido ampliada para describir un Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología, Sociedad (COCTS). La tabla 2 presenta los detalles de los campos, dimensiones y categorías de la taxonomía COCTS con estas ampliaciones (Autor, 2010).

Tabla 2
Campos, dimensiones y categorías de la taxonomía sobre naturaleza de la ciencia y tecnología.

Campos	Dimensiones	Categorías
CAMPO COGNITIVO DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO	Definiciones	1. Ciencia y Tecnología (relaciones)
	Epistemología	9. Naturaleza del conocimiento científico
CAMPO SOCIAL E INSTITUCIONAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO	Sociología Externa de la Ciencia	2. Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia / Tecnología
		3. Influencia triádica CTS
	Sociología Interna de la Ciencia	4. Influencia de Ciencia / Tecnología sobre la Sociedad
		5. Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad
		6. Características de los científicos
		7. Construcción social del conocimiento científico
		8. Construcción social de la Tecnología

2.3. Procedimiento

En general, los estándares de aprendizaje evaluables son los elementos más específicos de los tres elementos del currículo, pues contienen las menciones más concretas a contenidos relacionados con NdCyT. Por ello, estos elementos (estándares) han centrado la identificación de contenidos de NdCyT en el texto del currículo y son los que se mencionan en los resultados.

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

En los casos de los estándares seleccionados en conjunto por corresponder a un bloque completo de contenidos NdCyT, la adaptación ha consistido en eliminar aquellos estándares del bloque que no se refieren a temas de NdCyT (las listas de estándares tabulados presentan ausencias de algunos números).

El criterio de selección de contenidos es la pertenencia del contenido a alguna de las categorías de la taxonomía (tabla 2). Puesto que el objetivo de este estudio es clarificar al profesorado estos contenidos, las referencias que se incluyen de los mismos son las propias del currículo que usa el profesorado (asignatura, bloque y contenido). La limitación de la extensión no permite pormenorizar para las decenas de contenidos halladas las categorías de NdCyT.

3. Resultados

La presentación de los contenidos de NdCyT identificados se organiza en dos niveles, un nivel de bloques, donde se presentan aquellos elementos relacionados con NdCyT 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, donde se presentan aquellos elementos relacionados con NdCyT que aparecen en el currículo como referencias específicas, concretas y aisladas.

3.1. Nivel de bloques: contenidos formulados en un bloque

En este apartado se presentan los estándares de aprendizaje evaluables relacionados con NdCyT 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 de NdCyT 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 contenidos del medio ambiente. Cada uno de estos tipos se analiza en los apartados siguientes.

3.2. 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 las asignaturas que lo presentan (redacción adaptada del RD1105).

Asignatura / bloque de contenidos	(categoría)_Estándares de aprendizaje evaluables
Biología y Geología. 1º y 3ºESO Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica.	(7)_Busca, selecciona e interpreta información de diversas fuentes. (7)_Transmite información precisa utilizando diversos soportes. (7)_Utiliza información científica para formar opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados. (9)_Desarrolla con autonomía planificación experimental, utiliza instrumentos ópticos, material básico, argumenta el proceso experimental seguido, describe observaciones e interpreta resultados.
Física y Química. 2º y 3ºESO Bloque 1. La actividad científica	(9)_Formula hipótesis para explicar fenómenos cotidianos utilizando teorías y modelos científicos. (9)_Registra observaciones, datos y resultados, organizada y rigurosamente, y comunica oral y escrita, utilizando esquemas, gráficos, tablas y expresiones matemáticas. (4)_Relaciona investigación científica con aplicaciones tecnológicas cotidianas. (1)_Reconoce e identifica símbolos de etiquetado de productos químicos e instalaciones. (7)_Selecciona, comprende e interpreta información de divulgación científica y transmite conclusiones utilizando lenguaje oral y escrito con propiedad. (7)_Identifica características de fiabilidad y objetividad de información en internet y medios digitales. (9)_Realiza pequeños trabajos de investigación aplicando el método científico y utilizando TIC. (7)_Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.
Física y Química. 4ºESO Bloque 1. La actividad científica	(6)_Describe hechos históricos relevantes de colaboración de científicos y científicas. (6)_Argumenta con espíritu crítico el rigor científico de artículos o noticias. (9)_Distingue entre hipótesis, leyes y teorías, y explica los procesos que corroboran una hipótesis. (9)_Representa gráficamente dos magnitudes relacionadas, infiriendo relación lineal, cuadrática o proporcionalidad inversa, y deduciendo la fórmula. (7)_Elabora y defiende un proyecto de investigación científico, utilizando TIC.
Física y Química. 1ºBachillerato Bloque 1. La actividad científica	(9)_Aplica habilidades de investigación científica (planteando preguntas, identificando problemas, recogiendo datos, diseñando resolución de problemas, utilizando modelos y leyes, revisando el proceso y obteniendo conclusiones). (9)_Elabora e interpreta representaciones gráficas de datos y relaciona los resultados obtenidos con leyes y principios subyacentes. (6)_Extrae e interpreta información de un texto científico, argumenta con rigor y precisión utilizando terminología adecuada. (9)_Establece diseño, elaboración y defensa de un proyecto de investigación, sobre un tema de actualidad científica, utilizando preferentemente TIC.

Física. 2ºBachillerato	(9)_Aplica habilidades investigación científica (planteando preguntas, identificando y analizando problemas, emitiendo hipótesis fundamentadas, recogiendo datos, analizando tendencias a partir de modelos, diseñando y proponiendo estrategias de actuación).
Bloque 1. La actividad científica	(9)_Elabora e interpreta representaciones gráficas de dos y tres variables de datos experimentales y las relaciona con leyes y principios físicos. (6)_Analiza la validez de resultados y elabora informe final haciendo uso de TIC comunicando el proceso y las conclusiones. (7)_Identifica la fiabilidad y objetividad de información científica existente en internet y otros medios digitales. (7)_Selecciona, comprende e interpreta información en un texto de divulgación científica y transmite conclusiones utilizando lenguaje oral y escrito con propiedad.
Química. 2ºBachillerato	(9)_Aplica habilidades de investigación científica (trabajando individualmente o en grupo, planteando preguntas, identificando problemas, recogiendo datos mediante observación o experimentación, analizando y comunicando los resultados y desarrollando explicaciones) mediante la realización de un informe final.
Bloque 1. La actividad científica	(4)_Elabora información y relaciona conocimientos con fenómenos de la naturaleza y las posibles aplicaciones y consecuencias en la sociedad actual. (7)_Analiza la información obtenida de Internet, identificando fiabilidad y objetividad de información científica. (7)_Selecciona, comprende e interpreta información de divulgación científica y transmite conclusiones utilizando lenguaje oral y escrito con propiedad. (9)_Realiza y defiende un trabajo de investigación utilizando TIC.
Cultura Científica. 4ºESO	(6)_Analiza un texto científico, valorando de forma crítica su contenido. (7)_Presenta información tras realizar una búsqueda guiada de fuentes científicas, utilizando soportes tradicionales e Internet. (4)_Analiza el papel de la investigación científica como motor de nuestra sociedad y su importancia histórica.
Bloque 1. Procedimientos de trabajo	(6)_Comenta artículos científicos divulgativos realizando valoraciones críticas y de las consecuencias sociales y defiende en público sus conclusiones.
Cultura Científica. 1ºBachillerato	(6)_Analiza un texto científico o científico-gráfico, valorando de forma crítica, su rigor fiabilidad y contenido. (7)_Busca, analiza, selecciona, contrasta, redacta y presenta información, utilizando soportes tradicionales e Internet.
Bloque 1. Procedimientos de trabajo	(4)_Analiza el papel de la investigación científica como motor de nuestra sociedad y su importancia histórica. (6)_Realiza comentarios analíticos de artículos divulgativos, valorando críticamente el impacto en la sociedad y defiende en público sus conclusiones.
Anatomía aplicada. 1ºBachillerato	(7)_Recopila información, utilizando TIC, sistematizadamente y aplicando criterios que garanticen actualización y rigor. (7)_Comunica y comparte información con herramientas tecnológicas adecuadas para discusión o difusión.
Bloque 8. Elementos comunes	(9)_Aplica metodología científica en planteamiento y resolución de problemas sencillos. (6)_Muestra curiosidad, creatividad, actividad indagadora y espíritu crítico, rasgos importantes para aprender a aprender. (9)_Conoce y aplica métodos de investigación que permitan desarrollar proyectos propios. (7)_Participa en tareas, asume trabajo encomendado y comparte decisiones de grupo. (7)_Valora y refuerza aportaciones enriquecedoras de compañeros y apoya el trabajo de los demás.

El número entre paréntesis indica la categoría de la taxonomía (tabla 2).

La tabla 3 presenta los contenidos más importantes relativos a los temas de NdCyT de las 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 de la primera etapa de ESO y física y química para la misma etapa tienen elementos coincidentes, pero también elementos muy diferentes. Aunque se podría argumentar que estas diferencias reflejan diferencias entre disciplinas y que podrían ser beneficiosas, tratándose de una etapa de educación obligatoria y estándares tan genéricos y transversales a todas las ciencias, parece obvio que sería más beneficioso para los estudiantes que los mismos estándares se educasen más homogéneamente desde 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, el título del bloque es epistemológicamente diferente; en primero de ESO (biología y geología) es “habilidades destrezas y estrategias, metodología científica”, mientras en segundo curso de ESO (física y química) es “la actividad científica”. 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 practican presuntamente todos los científicos, mientras el segundo (actividad científica) es más apropiado. Sin embargo, vuelve a la formulación ingenua anterior contradictoriamente en el desarrollo de sus contenidos del bloque, recuperando la etiqueta ingenua en singular de “la metodología científica o el método científico” (texto no incluido en tabla 3).

La planificación curricular de los estándares corresponde a varios cursos, lo cual implica que corresponde a los profesores establecer la gradación evolutiva de esos estándares entre los diferentes cursos. En este aspecto, la mixtificada redacción de los estándares entre las diversas asignaturas, analizada en el párrafo anterior, no favorece la tarea de graduar los estándares evolutivamente entre cursos.

3.3. Bloques referidos a proyecto de investigación

Estos bloques de proyecto de investigación proponen que los estudiantes se impliquen en la realización de un proyecto de investigación científica, adaptado al nivel educativo y la asignatura. Bastantes asignaturas no presentan estos contenidos como bloque separado, sino como estándares concretos de un bloque (p.e. las asignaturas de física y química). Así, por ejemplo, los estándares evaluables en cursiva (tabla 3) de la lista de física y química de ESO o química de bachillerato, se refieren al proyecto de investigación, aunque pertenecen al bloque de actividad científica.

Tabla 4

Estándares de aprendizaje evaluables correspondientes al bloque de contenidos referido a proyecto de investigación en las asignaturas que lo presentan (redacción adaptada del RD1105).

Asignatura / bloque de contenidos	(categoría)_Estándares de aprendizaje evaluables
Biología y Geología. 1º y 3ºESO; 4ºESO	(9)_Integra y aplica las destrezas propias del método científico. (9)_Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone. (7)_Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en TIC, para elaboración y presentación de investigaciones.
Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional. 4ºESO	(7)_Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal. (9)_Diseña pequeños trabajos de investigación para presentación y defensa en el aula.
Bloque. Proyecto de investigación Física. 2ºBachillerato Bloque 6. Física del siglo XX, Fronteras de la Física.	(7)_Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de investigaciones. (9)_Realiza y defiende un estudio sobre las fronteras de la física del siglo XXI.

El número entre paréntesis indica la categoría de la taxonomía (tabla 2).

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.

3.4. Bloques referidos a contenidos de medio ambiente

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

Tabla 5

Estándares de aprendizaje evaluables correspondientes al bloque de contenidos referido a contenidos de medio ambiente en las asignaturas que lo presentan (redacción adaptada del RD1105).

Asignatura / bloque de contenidos	(categoría)_Estándares de aprendizaje evaluables
Biología y Geología. 4ºESO	(4)_Reconoce los factores ambientales, valorando su importancia en la conservación. (4)_Reconoce los diferentes niveles tróficos y sus relaciones en ecosistemas, valorando la importancia para la vida en general.
Bloque 3. Ecología y medio ambiente	(2)_Compara las consecuencias prácticas en la gestión sostenible de recursos por el ser humano, valorando críticamente su importancia. (2)_Argumenta sobre las actuaciones humanas que tienen una influencia negativa

	<p>sobre ecosistemas: contaminación, desertización, agotamiento de recursos...</p> <p>(4)_Defiende y concluye sobre posibles actuaciones para mejora del medio ambiente.</p> <p>(3)_Describe los procesos de tratamiento de residuos valorando críticamente la recogida selectiva.</p> <p>(6)_Argumenta pros y contras de reciclaje y reutilización.</p> <p>(4)_Destaca la importancia de las energías renovables para el desarrollo sostenible del planeta.</p>
<p>Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional. 4ºESO</p> <p>Bloque 2. Aplicaciones de la ciencia en la conservación del medio ambiente</p>	<p>(4)_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>(4)_Relaciona los efectos contaminantes de la actividad industrial y agrícola sobre el suelo.</p> <p>(4)_Discrimina los agentes contaminantes del agua, conoce su tratamiento y diseña algún ensayo sencillo de laboratorio para su detección.</p> <p>(6)_Establece en qué consiste la contaminación nuclear, analiza la gestión de los residuos nucleares y argumenta a favor y contra la energía nuclear.</p> <p>(4)_Reconoce y distingue los efectos de la contaminación radiactiva sobre el medio ambiente y la vida.</p> <p>(6)_Determina los procesos de tratamiento de residuos y valora críticamente la recogida selectiva.</p> <p>(6)_Argumenta pros y contras de reciclaje y reutilización.</p> <p>(5)_Aplica junto a sus compañeros medidas de control de la utilización de los recursos e implica al propio centro educativo.</p> <p>(6)_Plantea estrategias de sostenibilidad en el entorno del centro.</p>
<p>Cultura Científica. 4ºESO</p> <p>Bloque 3. Avances tecnológicos y su impacto ambiental</p>	<p>(4)_Relaciona los principales problemas ambientales con las causas que los originan, estableciendo sus consecuencias.</p> <p>(9)_Busca soluciones que puedan ponerse en marcha para resolver los principales problemas medioambientales.</p> <p>(4)_Valora y describe los impactos de la sobreexplotación de los recursos naturales, contaminación, desertización, tratamientos de residuos, pérdida de biodiversidad, y propone soluciones y actitudes personales y colectivas para paliarlos.</p> <p>(6)_Establece las ventajas e inconvenientes de las diferentes fuentes de energía, tanto renovables como no renovables.</p> <p>(1)_Explica el principio de funcionamiento de la pila de combustible, planteando posibles aplicaciones tecnológicas y destacando ventajas que ofrece.</p> <p>(2)_Conoce y analiza las implicaciones medioambientales de tratados y protocolos internacionales sobre protección del medioambiente.</p>
<p>Física y Química. 2º y 3ºESO</p> <p>Bloque 3. Los cambios La química en la sociedad y el medio ambiente.</p>	<p>(4)_Identifica y asocia productos de la industria química con su contribución a la mejora de la calidad de vida de las personas.</p> <p>(4)_Describe el impacto medioambiental global del dióxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y CFC y otros gases de efecto invernadero.</p> <p>(4)_Propone medidas y actitudes, individuales y colectivas, para mitigar los problemas medioambientales globales.</p> <p>(4)_Defiende razonadamente la influencia que la industria química ha tenido en el progreso</p>
<p>Física y Química. 1ºBachillerato</p> <p>Consecuencias sociales y medioambientales de las reacciones químicas de combustión.</p>	<p>(4)_A partir de distintas fuentes de información, analiza las consecuencias del uso de combustibles fósiles, relacionando las emisiones de CO₂, con su efecto en la calidad de vida, el efecto invernadero, el calentamiento global, la reducción de los recursos naturales, y otros y propone actitudes sostenibles para minorar estos efectos.</p>
<p>Geología. 2ºBachillerato</p>	<p>(4)_Identifica distintas manifestaciones de la Geología en el entorno diario, conociendo usos y aplicaciones de esta ciencia en economía, política, desarrollo sostenible y protección del medio ambiente.</p>

Bloque 1. El planeta tierra y su estudio	(1)_Recopila información o visita alguna explotación minera y emite una opinión crítica fundamentada en los datos obtenidos y/o en las observaciones realizadas.
Bloque 8. Recursos minerales y energéticos... Posibles problemas ambientales: salinización de acuíferos...	(2)_Comprende y valora la influencia humana en la gestión de aguas subterráneas, expresando tu opinión sobre sus efectos medioambientales.
Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. 2ºde Bachillerato	(4)_Describe el proceso de eutrofización de las aguas valorando las consecuencias del mismo.
Bloque 4. Contaminación de las aguas	(2)_Conoce y explica los principales organismos nacionales e internacionales y su influencia en materia medioambiental.
Bloque 7. La gestión y desarrollo sostenible	(2)_Conoce la legislación española sobre impactos ambientales y las normas de prevención aplicables. (6)_Argumenta la necesidad de protección de los espacios naturales y sus consecuencias.
Tecnología Industrial I. 1ºBachillerato	(4)_Conoce el impacto medioambiental que pueden producir las técnicas.
Bloque 4. Procedimientos de fabricación	(8)_Describe las diferentes formas de producir energía relacionándolas con el coste de producción, el impacto ambiental y la sostenibilidad. (4)_Explica las ventajas de un edificio esté certificado energéticamente.
Bloque 5. Recursos energéticos	(2)_Elabora planes de reducción de costos de consumo energético para locales o viviendas, identificando puntos donde el consumo pueda ser reducido.

El número entre paréntesis indica la categoría de la taxonomía (tabla 2).

Las referencias a los contenidos del medio ambiente (tabla 5) son amplias y extendidas en casi todas las asignaturas, pero llama la atención la ausencia de estos contenidos en las asignaturas de biología y geología de ESO. Las referencias al medio ambiente incluidas en la tabla anterior no incluyen la gran cantidad de aspectos cognitivos sobre el tema, sino que incluyen, precisamente, aquellos aspectos del medio ambiente que tiene una relación y un enfoque de NdCyT, es decir, que plantean las relaciones e impactos entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.

3.5. Menciones de contenidos sobre naturaleza de la ciencia y tecnología

Las menciones recogen los estándares de aprendizaje evaluables que se mencionan fuera de los bloques analizados anteriormente, de forma singular y aislada, y usualmente se refieren a procesos de la ciencia, proyecto de investigación y cuestiones medio-ambientales.

La asignatura ciencias aplicadas a la actividad profesional de cuarto curso de la ESO aporta numerosa menciones. Entre ellas, 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 en la información.

También cabe destacar en este apartado la contribución de una asignatura no científica (filosofía de bachillerato, tema conocimiento) que refleja las principales contribuciones históricas de la filosofía de la ciencia a los contenidos de naturaleza de ciencia y tecnología. Se traen aquí por su carácter indisciplinar, que ofrece un contrapunto muy interesante a la formación de los estudiantes de la modalidad de ciencia y tecnología en el bachillerato sobre estas cuestiones de NdCyT.

Tabla 6.
Estándares de aprendizaje evaluables por asignaturas, correspondientes a menciones de contenidos de naturaleza de la ciencia y tecnología no incluidos en las tablas anteriores (redacción adaptada del RD1105).

Asignatura / bloque de contenidos	(categoría)_Estándares de aprendizaje evaluables
Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional. 4ºESO Bloque 3. Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) Concepto de I+D+i. Importancia para la sociedad. Innovación.	(1)_Relaciona los conceptos de Investigación, Desarrollo e innovación. (1)_Reconoce tipos de innovación de productos basada en nuevos materiales, nuevas tecnologías etc., para dar respuesta a necesidades de la sociedad. (1)_Enumera organismos que fomentan la I+D+i en nuestro país. (1)_Precisa como la innovación es o puede ser un factor de recuperación económica de un país. (1)_Enumera algunas líneas de I+D+i en la actualidad para industrias químicas, farmacéuticas, alimentarias y energéticas. (9)_Diferencia la información de fuentes científicas de pseudociencias o que persiguen objetivos meramente comerciales.
Cultura Científica. 1ºBachillerato Avances en Biomedicina	(3)_Conoce la evolución histórica de los métodos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades. (3)_Establece alternativas a la medicina tradicional, valorando su fundamento científico y riesgos. (6)_Propone los trasplantes como alternativa, valorando ventajas e inconvenientes. (3)_Describe el proceso que sigue la industria farmacéutica para descubrir, desarrollar, ensayar y comercializar fármacos. (3)_Justifica el uso racional de la sanidad y los medicamentos. (8)_Discrimina la información sobre tratamientos y medicamentos en función de la fuente.
Bloque 4. La revolución genética	(1)_Evaluar aplicaciones de la ingeniería genética en obtención de fármacos, transgénicos y terapias génicas. (4)_Valorar repercusiones sociales de reproducción asistida, selección y conservación de embriones. (6)_Analizar los posibles usos de la clonación. (2)_Identificar problemas sociales y dilemas morales debidos a aplicación de la genética: obtención de transgénicos, reproducción asistida y clonación.
Bloque 5. Nuevas tecnologías en comunicación e información	(8)_Justifica el uso de las redes sociales, señalando ventajas y riesgos. (8)_Determina los problemas en Internet y las soluciones. (2)_Describe los delitos informáticos más habituales. (2)_Pone de manifiesto la necesidad de proteger los datos. (4)_Señala las implicaciones sociales del desarrollo tecnológico.
Física y Química. 1ºBachillerato Bloque 3. Reacciones químicas Bloque 5. Química del carbono Química. 2ºBachillerato Bloque 4. Síntesis orgánica y nuevos materiales	(1)_Analiza la importancia y la necesidad de la investigación científica aplicada al desarrollo de nuevos materiales y su repercusión en la calidad de vida a partir de fuentes de información científica. (7)_A partir de una fuente de información, elabora un informe que analice y justifique la importancia de la química del carbono y su incidencia en la calidad de vida. (1)_Identifica sustancias y derivados orgánicos que se utilizan como principios activos de medicamentos, cosméticos y biomateriales valorando la repercusión en la calidad de vida. (1)_Describe las principales aplicaciones de los polímeros de alto interés

<p>Importancia de la Química del Carbono en el desarrollo de la sociedad del bienestar.</p>	<p>tecnológico y biológico (adhesivos y revestimientos, resinas, tejidos, pinturas, prótesis, lentes, etc.) relacionándolas con ventajas y desventajas de su uso según sus propiedades. (4)_Reconoce distintas utilidades de compuestos orgánicos en diferentes sectores (alimentación, agricultura, biomedicina, ingeniería de materiales, energía) frente a desventajas.</p>
<p>Geología. 2ºBachillerato Bloque 6. Tiempo geológico... Cambio climático inducido por la actividad humana. Bloque 10. Geología de campo Tecnología. 4ºESO Bloque 6. Tecnología y sociedad El desarrollo tecnológico a lo largo de la historia.</p>	<p>(2)_Relaciona fenómenos naturales con cambios climáticos y valora la influencia de la actividad humana. (5)_Comprende la necesidad de apreciar, valorar, respetar y proteger el patrimonio geológico. (4)_Identifica los cambios tecnológicos más importantes en la historia de la humanidad. (8)_Analiza objetos técnicos y su relación con el entorno, interpretando su función histórica y la evolución tecnológica. (2)_Elabora juicios de valor frente al desarrollo tecnológico a partir del análisis de objetos, inventos y descubrimientos con su contexto. (3)_Interpreta las modificaciones tecnológicas, económicas y sociales en cada periodo histórico ayudándose de documentación escrita y digital.</p>
<p>Tecnologías de la Información y la Comunicación. 4ºESO Bloque 1. Ética y estética en la interacción en red</p>	<p>(2)_Aplica políticas seguras de utilización de contraseñas para protección de información personal. (2)_Realiza actividades con responsabilidad sobre la propiedad y el intercambio de información. (6)_Consulta distintas fuentes y navega conociendo la importancia de la identidad digital y fraudes de la web. (7)_Diferencia materiales sujetos a derechos de autor y de libre distribución.</p>
<p>Filosofía. 1ºBachillerato Bloque 3. El conocimiento La Filosofía de la ciencia...</p>	<p>(9)_Explica los principales elementos de la ciencia manejando términos como hecho, hipótesis, ley, teoría y modelo. (9)_Construye una hipótesis científica, identifica sus elementos y razona el orden lógico del proceso de conocimiento. (9)_Utiliza términos epistemológicos (inducción, hipotético-deductivo, método, verificación, predicción, realismo, causalidad, objetividad, relatividad, caos e indeterminismo). (2)_Extrae conclusiones razonadas sobre la inquietud por transformar y dominar la naturaleza.</p>

El número entre paréntesis indica la categoría de la taxonomía (tabla 2).

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 contenidos de NdCyT provienen de distintas 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 la evolución histórica de la tecnología, la influencia sobre el desarrollo científico, económico, social y cultural, el impacto medioambiental de las industrias, el consumo energético de máquinas y herramientas, etc.

4. Discusión

Este artículo ofrece una identificación y estructuración de los contenidos de NdCyT, presentes en los nuevos currículos, con el objetivo de enfatizar dos cuestiones básicas en su aprendizaje: que el profesorado pueda discriminar estos contenidos de los contenidos de puro conocimiento o procesos de la ciencia y, en consecuencia, pueda aplicar métodos apropiados a su enseñanza y aprendizaje (explícitos y reflexivos), que permitan a los estudiantes comprender más acerca de la ciencia, y no tanto saber más ciencia. La categorización añadida a los estándares pretende orientar al profesorado sobre el aspecto principal de NdCyT incluido en cada estándar, como vía para enfatizar ese aspecto en la enseñanza. Por ejemplo, en la tabla 5 el estándar “establece las ventajas e inconvenientes de las diferentes fuentes de energía, tanto renovables como no renovables” se asigna a la dimensión 6 (características de los científicos) porque se considera que los propios alumnos deben actuar como científicos (de forma reflexiva, crítica, cooperativa, participante, argumentativa, etc.) para establecer por si mismos ventajas e inconvenientes (en lugar de memorizarlos del libro de texto, que posiblemente también los ofrece).

La conclusión más positiva del análisis es la presencia abundante de los contenidos de NdCyT en todas las asignaturas de ciencias y tecnología. A su lado, hay que constatar también que estos contenidos de NdCyT carecen de un planteamiento global en el currículo, que se manifiesta en la ausencia de una referencia explícita a su denominación didáctica (NdCyT), eludiendo con ello su diferenciación, organización y estructuración.

Los contenidos de NdCyT son complejos, meta-cognitivos, multifacéticos, dinámicos y con componentes del ámbito afectivo y de valores (Vázquez y 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). En esta línea, el meta-análisis de Deng, Chen, Tsai y Chai (2011) concluye dos condiciones clave para la eficacia de su enseñanza, ampliamente compartidas: el carácter explícito de la enseñanza y la realización de actividades reflexivas sobre NdCyT.

Las observaciones siguientes presentan corolarios de la carencia global señalada y justifican la necesidad de este estudio para promover una enseñanza comprensiva y eficaz de NdCyT.

En primer lugar, el reparto de esta relativa abundancia de contenidos NdCyT debería ser equitativo y homogéneo (parecida extensión y formulación) entre las asignaturas, ya que los contenidos de NdCyT son transversales y relativamente comunes a las ciencias (aunque existan matices diferenciales). En consecuencia, los estudiantes van a aprender más o menos contenidos acerca de NdCyT, dependiendo de la asignatura considerada. Por ejemplo, el tratamiento del proyecto de investigación en las asignaturas de biología y geología de ESO se desarrolla con detalle en un bloque completo, mientras en las asignaturas de física y química de ESO el proyecto se reduce a una breve mención dentro de otro bloque.

En segundo lugar, las formulaciones de estos contenidos son diferentes entre las asignaturas, lo cual puede inducir enseñanzas y aprendizajes diferentes en los mismos alumnos. Por ejemplo, la formulación elegida para describir las actividades de los científicos, se expresa en las asignaturas de biología y geología de ESO como “la metodología científica” mientras en las asignaturas de física y química se refiere como “la actividad científica”. En la asignatura cultura científica se usa una tercera denominación (investigación científica) para referirse a las actividades de los científicos y su contenido no es igual a los anteriores. Además, en bachillerato, las asignaturas de biología y geología carecen de bloques sobre NdCyT o menciones relevantes sobre ello, mientras las asignaturas de física y química de bachillerato desarrollan ampliamente estos contenidos.

La denominación “la metodología científica” induce una creencia epistemológica ingenua y desinformada, ampliamente cuestionada hoy: la existencia de una única metodología científica (uso del artículo determinado “la”), 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 (p.e. un astrofísico observa mucho y experimenta menos, porque sus objetos de estudio no se prestan a control y manipulación propios de la experimentación).

En tercer lugar, los contenidos curriculares de NdCyT usan una terminología heterogénea, que incurre en conocidas deformaciones, mitos y creencias ingenuas, con el consiguiente impacto negativo sobre los aprendizajes que se derivan de formulaciones imprecisas. Los ejemplos son múltiples, pero es muy representativo, el caso citado de la inadecuada expresión “el método científico: sus etapas” (bloque 1 “la actividad científica” de ESO), que resulta incoherente con el título de su bloque (más adecuado) por las razones expuestas anteriormente. Además, este ejemplo tiene como agravante la contradicción: la expresión más epistemológicamente 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 quiere

y debe hablar de una “ley” científica (fórmulas y ecuaciones son expresiones matemáticas de una ley, que es el concepto epistemológicamente relevante).

En cuarto lugar, la confusión entre los procesos de la ciencia (observar, emitir hipótesis, experimentar,...), que son contenidos procedimentales - saber hacer - (p.e. los estudiantes deben “realizar” buenas observaciones), y los aspectos epistemológicos implicados en esos procesos - meta-saber acerca de la ciencia - que son los contenidos de NdCyT (p.e. valor y límites de la observación para validar conocimiento científico) es también una amenaza para el aprendizaje y la comprensión adecuados. 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 cierto confusionismo docente: enseñar una no hace aprender automáticamente (implícitamente) la otra, 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 reflexionar sobre el acto de observar, y requiere que esta enseñanza sea planificada explícitamente y las actividades para su aprendizaje sean del tipo reflexivo (centradas en y discutidas, elaboradas y argumentadas por los estudiantes).

Finalmente, una vez institucionalizados los contenidos de NdCyT 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 falta de materiales y por la deficiente formación del profesorado para aplicar estos contenidos en el aula (Matthews, 1994). Además, en diversos países y con diferentes instrumentos se ha comprobado que el profesorado tiene creencias ingenuas, tradicionales, positivistas e idealistas que son un obstáculo cognitivo importante (Bennássar et al., 2010; Lederman, 2008; Vázquez y Manassero, 2012a) y otros estudios muestran algo más profundo: el profesorado no percibe la necesidad de innovar sus prácticas de aula para enseñar contenidos de NdCyT (Höttecke y Silva, 2011).

En resumen, el currículo básico de la educación secundaria obligatoria y el bachillerato ofrece un amplio espectro de contenidos que ofrecen oportunidades para enseñar los contenidos innovadores de NdCyT. 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 a su progresión en las diversas asignaturas y mejor precisión epistemológica al lenguaje (Vázquez y Manassero, 2013; Vázquez, Manassero y Bennássar, 2014).

Proyecto EDU2015-64642-R (AEI/FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

- Aikenhead, G.S. y 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.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95, 518-542.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M.A., y 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
- 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. y 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. y 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.
- Lederman, N.G. (2008). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell, y 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). En M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, (pp. 3-26), Dordrecht: Springer.
- McComas, W. F., y Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- 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. Recuperado de <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., y 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. y 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. y Manassero, M.A. (2013). 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-Alonso, Á.; Manassero-Mas, M.A. y Bennàssar-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).