

**La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje
de las sucesivas reformas curriculares en España:
un análisis desde la tradición CTS**

**A natureza da ciência nos objetivos de aprendizagem
das sucessivas reformas curriculares em Espanha:
uma análise da tradição CTS**

***The Nature of Science in the Learning Goals
of the Successive Curricular Reforms in Spain:
An Analysis from the STS Tradition***

Antonio García-Carmona *

En este artículo se analiza el peso educativo de la comprensión de la naturaleza de la ciencia (NDC) en las sucesivas reformas del currículo para la educación científica básica en España. El análisis se delimita a las cuatro prescripciones oficiales de enseñanzas mínimas de los últimos 30 años en este país. Mediante la aplicación de un método de análisis cualitativo de contenido, y tomando como referencia teórica la comprensión de la NDC desde la tradición ciencia-tecnología-sociedad (CTS), se analizan las propuestas curriculares oficiales para las áreas o materias de ciencia escolar correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (ESO, 12-16 años). Los resultados del análisis muestran que, si bien globalmente ha habido alguna evolución en la atención a la NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de la ciencia escolar, esta es bastante discreta y con un peso muy pequeño, si se compara con otros contenidos del currículo. El dato positivo es que las prescripciones curriculares españolas, dentro de dicha parquedad, dan más peso a los rasgos no epistémicos que a los epistémicos de la NDC. Como conclusión, la NDC ha sido (y es) concebida como un contenido de segundo orden y con poca importancia en las prescripciones oficiales para la educación científica básica en España.

77

Palabras clave: ciencia escolar; naturaleza de la ciencia; reformas curriculares; tradición CTS

* Doctor en didáctica de las ciencias experimentales. Catedrático de universidad adscrito al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla, España. Correo electrónico: garcia-carmona@us.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5952-0340>.

Este artigo analisa o peso educativo da compreensão da natureza da ciência (NDC) nas sucessivas reformas do currículo da educação científica de base em Espanha. A análise limita-se aos quatro requisitos oficiais mínimos de educação dos últimos 30 anos neste país. Aplicando um método de análise qualitativa do conteúdo, e tomando como referência teórica o entendimento do NDC da tradição ciência-tecnologia-sociedade (CTS), são analisadas as propostas curriculares oficiais para as áreas ou disciplinas da ciência escolar correspondentes ao Ensino Secundário Obrigatório (ESO, 12-16 anos). Os resultados da análise mostram que, embora globalmente tenha havido alguma evolução na atenção prestada à NDC nas propostas de aprendizagem avaliável na ciência escolar, esta é bastante discreta e com um peso muito pequeno, se comparada com outros conteúdos do currículo. O facto positivo é que as prescrições curriculares espanholas, dentro desta parcimónia, dão mais peso às características não epistémicas do que às características epistémicas do NDC. Como conclusão, o NDC foi (e é) concebido como um conteúdo de segunda ordem com pouco importância educativo nas prescrições oficiais para a educação científica básica em Espanha.

Palavras-chave: ciência escolar; natureza da ciência; reformas curriculares; tradição CTS

This article analyzes the educational weight of the understanding of nature of science (NOS) in the successive curricular reforms for basic science education in Spain. The analysis is limited to the four educational provisions of the last 30 years in this country. Through a qualitative content analysis method, and taking as a theoretical reference the understanding of NOS from the science-technology-society (STS) tradition, the official curricular proposals for the areas or subjects of school science corresponding to Compulsory Secondary Education (CSE, 12-16 years old) are analyzed. The results of the analysis show that, although overall there has been some evolution in the attention paid to NOS, in the proposals of assessable learnings for school science, this is quite discreet and with a very small weight if compared with other content of the curriculum. The positive data is that the Spanish curricular prescriptions, within that scarcity, give more weight to the non-epistemic than to the epistemic features of NOS. As a conclusion, NOS has been (and is) conceived as a second-order content with little educational importance in the official prescriptions for basic science education in Spain.

78

Keywords: curricular reforms; nature of science; school science; STS tradition

Introducción

En el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales, se denomina naturaleza de la ciencia (NDC, en adelante) al conjunto de rasgos característicos del conocimiento científico, de la actividad que desempeñan las personas dedicadas a la ciencia y de los factores que influyen en el desarrollo de este campo del saber humano (McComas y Clough, 2020). La comprensión de este metaconocimiento de la ciencia¹ (Acevedo y García-Carmona, 2016; White *et al.*, 2011) está considerada como una dimensión esencial de la competencia científica deseable para la ciudadanía (NGSS Lead States, 2013; Organization for Economic Co-Operation and Development - OECD, 2019; National Science Teaching Association - NSTA, 2020). Así lo reflejaba el informe de la Fundación Nuffield (Osborne y Dillon, 2008), publicado hace ya casi tres lustros, en su análisis crítico de la educación científica que se venía implementando en Europa:

“(...) para mejorar la capacidad del público de participar en cuestiones sociocientíficas, se requiere no solo un conocimiento del contenido de la ciencia, sino también un conocimiento de “cómo funciona la ciencia”; un elemento que debería ser una componente esencial de cualquier plan de estudios de ciencias en la escuela” (Osborne y Dillon, 2008; p. 8; traducción propia).

Más recientemente, una de las asociaciones de profesorado de ciencia más influyentes del mundo, la NSTA, mostraba en su página web oficial la posición que sostiene con respecto al aprendizaje de la NDC en pro de una alfabetización científica apropiada de los estudiantes:

“La naturaleza de la ciencia (NDC) es un componente crítico de la alfabetización científica que mejora la comprensión de los estudiantes de los conceptos científicos y les permite tomar decisiones informadas sobre cuestiones personales y sociales con base científica. [...] Todos los educadores de ciencia y quienes participan en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia deberían [...] reconocer que la NDC debe enseñarse explícitamente junto con las prácticas de ciencia e ingeniería, las ideas básicas de la disciplina y los conceptos transversales” (NSTA, 2020; traducción propia).

Además, en el último marco teórico para la definición de la competencia científica en el programa PISA (OECD, 2019), que concierne al sistema educativo español por su participación en él, se establece, bajo la denominación de conocimientos epistémicos, que la comprensión de aspectos de NDC es una de las tres dimensiones nucleares de esta competencia. Con lo cual, cabría esperar que todo sistema educativo participante en las pruebas PISA dedicase una atención de proporción similar (alrededor de un

1. Este metaconocimiento, en permanente revisión, se construye principalmente a partir los estudios de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia, incluyendo algunas aportaciones de las ciencias cognitivas.

tercio) en sus planes de estudio para el desarrollo de la competencia científica en los niveles educativos básicos.

Una comprensión deseable de la NDC incluye, entre otros aspectos, que la aceptación de conocimiento científico es un proceso complejo, no exento de dificultades y errores, que debe superar procesos rigurosos de investigación y escrutinio hasta conseguir evidencias que lo sustenten (García-Carmona y Acevedo, 2018). De esa forma, el conocimiento científico establecido puede considerarse fiable y, a la vez, provisional; es decir, que es el mejor conocimiento disponible en ese momento, pero susceptible de ser modificado si aparecen nuevas pruebas que lo cuestionen. Además, la NDC integra entre sus características que el progreso científico no es solo el resultado de prácticas racionales o epistémicas, sino también de actividades y factores de cariz no epistémico, tales como la financiación económica recibida para la investigación, los intereses político-sociales y empresariales, la competitividad, el nacionalismo científico, etc. (Acevedo y García-Carmona, 2016; Erduran y Dagher, 2014; García-Carmona, 2021a).

El entendimiento de dichos rasgos de la ciencia resulta especialmente útil para combatir, por ejemplo, las pseudociencias, que basan sus argumentos en suposiciones falsas o que no han sido sometidas a ningún proceso de contrastación (Good, 2011). Igualmente, sirve para enfrentar a negacionistas de la ciencia, que creen en teorías conspirativas, en farsantes que se hacen pasar por expertos y en el hecho de que la ciencia solo es fiable si es infalible (McIntyre, 2021). La necesidad de manejar conocimientos básicos de la NDC se ha puesto claramente de manifiesto en el transcurso la pandemia del COVID-19 (García-Carmona, 2021b). Por consiguiente, la participación de la ciudadanía en cuestiones relacionadas con la ciencia será tanto más responsable, e intelectualmente crítica, cuanto mejor sea su comprensión de la NDC (García-Carmona y Acevedo, 2018; Zeidler *et al.*, 2002). De ahí que se sugiera atender este contenido educativo desde edades tempranas (Akerson *et al.*, 2011; Cañal *et al.*, 2016; NGSS Lead States, 2013), con el fin de empezar a cimentar pronto el desarrollo de una sólida competencia científica entre los escolares.

Sin embargo, todos estos argumentos no parecen ser suficientes para que la NDC adquiera la relevancia esperada en la educación científica básica de algunos países como España (García-Carmona, 2021c). En la bibliografía especializada se vienen apuntando, desde hace años, algunos motivos que subyacen tras esta situación, como la deficiente formación del profesorado de ciencias en NDC y su pedagogía (Lederman, 2006; García-Carmona *et al.*, 2011), o la falta de convicción educativa del profesorado que, aun con la formación apropiada, decide priorizar otros contenidos de ciencia escolar antes que la NDC (Waters-Adams, 2006). Esto último puede ser, incluso, razonable si la NDC no se establece en los currículos oficiales de ciencia como un contenido básico y prioritario con objetivos de aprendizaje específicos (Olson, 2018; García-Carmona, 2022a).

En consecuencia, la condición necesaria, aunque no suficiente, para que la comprensión de nociones de NDC sea asumida como un propósito educativo esencial, es que las prescripciones curriculares oficiales lo dicten como tal. Hace tres décadas, en la presentación del currículo de enseñanzas mínimas correspondientes al área

de ciencias de la naturaleza para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO, 12-16 años), en el marco de la LOGSE,² se decía:

“El currículo de esta área ha de corresponderse con la naturaleza de la ciencia, como actividad constructiva y en proceso, en permanente revisión, y que consiste en esa actividad tanto como en los productos de conocimientos adquiridos en un momento dado” (Boletín Oficial del Estado, 1991, p. 35).

Pero ¿se trataba solo de una mera declaración de buenas intenciones, o efectivamente la NDC impregnaba tal disposición curricular en todo su desarrollo? ¿Ha sucedido esto mismo en las sucesivas reformas curriculares para la educación científica básica en España? Para responder a estas preguntas generales, habría que analizar las siguientes cuestiones más específicas:

1. ¿Qué peso ha tenido (y tiene) la comprensión de la NDC en el conjunto de aprendizajes evaluables para la educación científica básica, en las reformas curriculares de las tres últimas décadas?
2. ¿Ha habido alguna evolución al respecto a lo largo de estas reformas curriculares?
3. ¿A qué aspectos de la NDC se da prioridad en los currículos oficiales de ciencia escolar de tales reformas?

81

El objetivo de este trabajo es responder a estos interrogantes. Para ello, se lleva a cabo un análisis cualitativo de los diferentes currículos oficiales de ciencia escolar para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), desde la LOGSE hasta la actual LOMLOE.³ El referente teórico usado en este análisis es la conceptualización de la NDC en el marco de la tradición ciencia-tecnología-sociedad (CTS) (Acevedo y García-Carmona, 2016; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018).

2. La naturaleza de la ciencia en el marco de la tradición CTS

Todo intento por definir un constructo tan poliédrico como la NDC es siempre complicado. No obstante, se puede convenir que la ciencia es tanto un cúmulo de conocimientos (hechos, definiciones, conceptos, modelos, leyes, teorías, etc.) como una forma de conocer (creativa, controvertida, colaborativa, basada en pruebas, intersubjetiva, tentativa, etc.), que aplica un compendio de procesos (observación, medición, clasificación, modelización, argumentación, inferencia, teorización, etc.) y métodos (inductivo, deductivo, abductivo, etc.), cuyo desarrollo está influenciado por la

2. Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (Boletín Oficial del Estado, 1990).

3. Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (Boletín Oficial del Estado, 2020).

tecnología disponible, el contexto socioeconómico y cultural, etc. (Acevedo y García-Carmona, 2016; Aikenhead y Ryan, 1992; Allchin, 2011; Bell, 2009; Irzik y Nola, 2014; NGSS, 2013). Otra cuestión diferente es determinar cuáles de todos estos aspectos deberían integrar el conjunto de saberes básicos acerca de la ciencia como parte de los propósitos de la educación científica.

No exento de controversia, en las dos últimas décadas han predominado algunas propuestas sobre otras en cuanto a qué contenidos de NDC tratar en la enseñanza de la ciencia. Una de esas propuestas es la de Lederman (2006), quien sugiere centrar la atención en los siete principios de NDC siguientes: a) diferencias entre observación e inferencia, b) relación y distinción entre leyes y teorías científicas, c) papel de la creatividad e imaginación en la ciencia, d) carácter subjetivo del conocimiento científico, e) influencia del contexto social y cultural en el desarrollo de la ciencia, f) carácter provisional o tentativo del conocimiento científico, y g) base empírica del conocimiento científico. Como se puede ver, la propuesta está bastante escorada a rasgos racionales o epistémicos de la naturaleza del conocimiento científico; y solo uno de los principios citados se refiere a la interacción de la ciencia con el contexto sociocultural. De modo que la naturaleza de los procesos de la ciencia queda bastante desatendida, lo mismo que los rasgos no epistémicos de la NDC (García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018).

82

Afortunadamente, han surgido después otras propuestas alternativas más completas (Acevedo y García-Carmona, 2016; Acevedo *et al.*, 2017; Erduran y Dagher, 2014; Irzik y Nola, 2014), que dan un mayor peso a los rasgos no epistémicos de la NDC, con referencias a aspectos contextuales, sociales y psicológicos que son tan determinantes como los epistémicos en el desarrollo de la ciencia (Elliott y McKaughan, 2014; García-Carmona, 2021a). En el ámbito iberoamericano, estas propuestas suelen encuadrarse en la tradición CTS (Acevedo y García-Carmona, 2016; Bennàssar *et al.*, 2010; Muñoz, 2014).

Una de esas propuestas es la de Acevedo y García-Carmona (Acevedo y García-Carmona, 2016; García-Carmona y Acevedo, 2018), que la han utilizado como eje vertebrador de un proyecto educativo orientado a aprender sobre NDC mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia (Acevedo *et al.*, 2017). Estos autores hacen una propuesta que trata de ofrecer una visión más holística del constructo NDC, con una atención equilibrada a aspectos tanto epistémicos como no epistémicos de este. La propuesta se sintetiza en la **Tabla 1**, y será la que se emplee como marco de referencia en el presente estudio.

Tabla 1. Propuesta de contenidos de NDC, coherente con la tradición CTS, para la educación científica básica

Aspectos epistémicos de la NDC	
Naturaleza de los procesos de la ciencia	Naturaleza del conocimiento científico
<ul style="list-style-type: none"> - Diferencias entre observación e inferencia - Pluralidad metodológica en la ciencia - Significado y papel de las hipótesis - Creatividad e imaginación de los científicos en sus investigaciones - Papel de la experimentación en el desarrollo de la ciencia - Papel de los errores en el desarrollo de la ciencia - Influencia de las creencias, actitudes y habilidades de los científicos en sus investigaciones - Interés de las controversias científicas en el desarrollo de la ciencia - Influencia de la especialización de los científicos en la planificación y desarrollo de sus investigaciones - Papel de las preguntas en la investigación científica - Papel de la modelización en ciencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Características de las leyes, modelos y teorías científicas, así como sus diferencias y relaciones - Diferencias y relaciones entre ciencia y tecnología - Carácter dinámico y provisional del conocimiento científico - Convivencia y/o dominancia de unas teorías científicas sobre otras
Aspectos no epistémicos de la NDC	
Internos a la comunidad científica	Externos a la comunidad científica
<ul style="list-style-type: none"> - Papel de la comunicación científica - Relaciones profesionales y personales entre científicos - Personalidad de los científicos - Papel de la comunidad científica en la aceptación de nuevo conocimiento científico - Grupos de poder en la comunidad científica - Colectividad científica - Competitividad científica - Ética y moral en la ciencia - Mujer en la ciencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Influencias del contexto histórico, social y cultural en el desarrollo de la ciencia - Influencia de la ciencia en el desarrollo de la sociedad - Nacionalismo científico - Financiación de la ciencia - Conflictos entre ciencia y religión - Papel de los medios de comunicación en la difusión de los avances científicos

Fuente: elaboración a partir de una adaptación parcial de García-Carmona y Acevedo (2018, p. 440)

Es preciso subrayar que la evidencia obtenida a partir de numerosas investigaciones empíricas señala que el mejor modo para aprender NDC es mediante un planteamiento educativo explícito y reflexivo (Acevedo, 2009). Lo primero sugiere que la enseñanza de este contenido escolar debe planificarse con objetivos de aprendizaje, actividades y estrategias de evaluación específicas; y lo segundo, que esas actividades han de activar en los escolares la meditación y el debate en torno a cuestiones de NDC (García-Carmona, 2021c). Por consiguiente, la propuesta recogida en la **Tabla 1** no intenta fomentar meros aprendizajes declarativos sobre aspectos de NDC, sino proponer una relación de indicadores sobre los que pensar y debatir para llegar a comprender qué

es y cómo funciona la ciencia. Con objeto de favorecer esto, el educador deberá seleccionar aquellos contextos y actividades más propicias de acuerdo con el nivel y las características de su alumnado.

Asimismo, no hay que olvidar que la NDC es un metaconocimiento; de manera que debe entenderse como un conocimiento sobre la ciencia. Esto implica que si, por ejemplo, se hace referencia a las leyes científicas en una propuesta educativa sobre NDC, el propósito no será conocer leyes básicas de la ciencia, sino qué las caracteriza como constructo epistemológico y ontológico; a saber: qué identifica a una ley científica; cuáles son sus relaciones y diferencias con respecto a las teorías científicas; qué intereses originaron su búsqueda en el contexto del estudio de determinados fenómenos de la naturaleza; cuáles fueron los obstáculos epistémicos y experimentales que se encontraron en su determinación, etc. Por tanto, todos aquellos contenidos de ciencia escolar, que no vayan acompañados de objetivos de aprendizaje consistentes en un metaconocimiento sobre la ciencia, no deben considerarse contenidos de NDC.

3. Método

Con el fin de llevar a cabo el estudio, se analizaron las disposiciones de las sucesivas reformas curriculares para la enseñanza de la ciencia (biología y geología, y física y química) en la ESO; esto es, los currículos oficiales de enseñanzas mínimas propuestos a raíz de la puesta en marcha de la LOGSE (Boletín Oficial del Estado, 1991), la LOE⁴ (Boletín Oficial del Estado, 2006), la LOMCE⁵ (Boletín Oficial del Estado, 2014) y la LOMLOE (Boletín Oficial del Estado, 2022). Con la máxima de que difícilmente se enseña aquello que no se evalúa, y dado que la finalidad de este trabajo era determinar la atención a la comprensión de nociones básicas de la NDC en la relación de aprendizajes evaluables, el análisis se circunscribió a los criterios de evaluación previstos en tales disposiciones. Sirva el siguiente ejemplo para ilustrar esta decisión.

En la descripción de una de las competencias específicas para la materia de biología y geología, en el marco curricular aprobado tras entrada en vigor la de la LOMLOE, se argumenta: "(...) es frecuente que, en determinadas ciencias empíricas, como la biología molecular, la evolución o la tectónica, se obtengan evidencias indirectas de la realidad, que deben interpretarse según la lógica para establecer modelos de un proceso biológico o geológico" (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41608). Sin embargo, luego no se propone ningún criterio de evaluación para valorar la comprensión de esta idea metacientífica. Con lo cual, es bastante presumible que el profesorado de dicha materia no la considere en sus programaciones didácticas, si las elabora en coherencia con tales prescripciones curriculares. De ahí su descarte en este análisis.

4. Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (Boletín Oficial del Estado, 2006).

5. Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (Boletín Oficial del Estado, 2013).

Los documentos curriculares fueron examinados mediante el método de análisis intraobservador, usando como referente la propuesta de aspectos de NDC expuesta en la **Tabla 1**. La información se analizó en dos fases para su depuración (Cáceres, 2003), empleando los métodos habituales del análisis cualitativo de contenido (Mayring, 2000). Así, en la fase 1 se hizo una primera localización de referencias explícitas a aspectos de la NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de los documentos. Y en la fase 2, realizada casi dos meses después, se volvió a revisar la relación de aspectos de NDC encontrados, a fin de resolver los pocos casos dudosos que habían quedado en la fase anterior.

Los cálculos sobre la fiabilidad del análisis realizado mostraron un grado de acuerdo del 97% y un valor del índice *kappa* igual a 0.9. En consecuencia, se puede decir que el grado de concordancia intraobservador, entre las dos fases del análisis, fue más que considerable (Abraira, 2001).

4. Resultados

4.1. Atención a la NDC en los aprendizajes evaluables de las distintas reformas curriculares: proporción y evolución

En primer lugar, se analizó el peso relativo de la NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables para la educación científica de la ESO, en las cuatro reformas curriculares. Se aclara que, con el propósito de agilizar la lectura, en lo que sigue se hará referencia a las distintas reformas curriculares simplemente usando el acrónimo de las leyes educativas vigentes en el momento de su aprobación oficial (LOGSE, LOE, LOMCE y LOMLOE).

85

Al revisar los criterios de evaluación previstos para el área o materias de ciencias de esta etapa, se obtienen los datos presentados en la **Tabla 2**. Como puede verse, el peso específico de la comprensión de aspectos básicos de NDC es bastante pequeño en todas las disposiciones analizadas; incluso, puede decirse que casi anecdótica en el caso de las tres primeras reformas del currículo de ciencia escolar (LOGSE, LOE y LOMCE). Asimismo, la evolución global de la atención a la NDC en los aprendizajes evaluables, a lo largo de las diferentes reformas curriculares, aunque positiva, es muy discreta. Además, esta evolución no ha sido constante y progresiva, dándose un retroceso en la LOMCE, con un ínfimo 2.3% de los criterios de evaluación dedicados a la comprensión de aspectos de la NDC. La mejor situación se da, por tanto, en la actual reforma (LOMLOE), que propone cerca del 17% de los criterios de evaluación para tal finalidad.

Tabla 2. Proporción de criterios de evaluación para valorar aprendizajes sobre nociones básicas de NDC en las sucesivas reformas curriculares

Reformas curriculares*			
LOGSE (1991)	LOE (2007)	LOMCE (2015)	LOMLOE (2022)
1/24 (4.2%)	2/30 (6.7%)	5/220 (2.3%)	11/65 (16.9%)

Fuente: elaboración propia

* Cada acrónimo indica la ley educativa en la que se enmarca la reforma curricular correspondiente, y el año entre paréntesis, el momento en el que esa reforma fue aprobada por el Ministerio de Educación.

4.2. Aspectos de NDC objeto de aprendizaje en las disposiciones curriculares de ciencia escolar

Una vez determinado el peso específico que ha tenido la NDC en la ciencia escolar española, se exploró qué contenidos o aspectos de esta son prioritariamente atendidos. En la **Tabla 3** se resaltan los aspectos de NDC, definidos en el marco teórico, que han sido (son) tratados en los documentos de reforma curricular revisados. Asimismo, en la Tabla 4 se indica cuáles de estos aspectos son referidos en los aprendizajes evaluables de cada una de las reformas.

86

Tabla 3. Aspectos de NDC, enmarcados en la tradición CTS, que son atendidos (color negro) y desatendidos (color gris) en las sucesivas reformas curriculares para la educación científica básica

Aspectos epistémicos de la NDC	
Naturaleza de los procesos de la ciencia	Naturaleza del conocimiento científico
<ul style="list-style-type: none"> - Diferencias entre observación e inferencia - Pluralidad metodológica en la ciencia - Significado y papel de las hipótesis - Creatividad e imaginación de los científicos en sus investigaciones - Papel de la experimentación en el desarrollo de la ciencia - Papel de los errores en el desarrollo de la ciencia - Influencia de las creencias, actitudes y habilidades de los científicos en sus investigaciones - Interés de las controversias científicas en el desarrollo de la ciencia - Influencia de la especialización de los científicos en la planificación y desarrollo de sus investigaciones - Papel de las preguntas en la investigación científica - Papel de la modelización en ciencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Características de las leyes, modelos y teorías científicas, así como sus diferencias y relaciones - Diferencias y relaciones entre ciencia y tecnología - Carácter dinámico y provisional del conocimiento científico - Convivencia de varias teorías científicas sobre un fenómeno

Aspectos no epistémicos de la NDC	
Internos a la comunidad científica	Externos a la comunidad científica
<ul style="list-style-type: none"> - Papel de la comunicación científica - Relaciones profesionales y personales entre científicos - Personalidad de los científicos - Papel de la comunidad científica en la aceptación de nuevo conocimiento científico - Grupos de poder en la comunidad científica - Colectividad científica - Competitividad científica - Ética y moral en la ciencia - Mujer en la ciencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Influencias del contexto histórico, social y cultural en el desarrollo de la ciencia - Influencia de la ciencia en el desarrollo de la sociedad - Nacionalismo científico - Financiación de la ciencia - Conflictos entre ciencia y religión - Papel de los medios de comunicación en la difusión de los avances científicos

Fuente: elaboración propia

El primer dato destacable es que las sucesivas reformas curriculares, en su conjunto, solo se ocupan del 30% de los aspectos de la propuesta enmarcada en la tradición CTS. Otro dato interesante es que se presta más atención a los aspectos no epistémicos de la NDC; justamente el doble que de aspectos epistémicos (seis aspectos no epistémicos frente a tres epistémicos). Pero, es especialmente llamativo que, de esos tres aspectos epistémicos, la LOGSE y la LOE solo abordan dos cada una; mientras que la LOMCE y la LOMLOE, uno nada más. El aspecto común a todas es el carácter dinámico y provisional del conocimiento científico. El papel del error solo es tratado en la LOGSE, y el interés de las controversias, únicamente en la LOE.

87

En cuanto a los aspectos no epistémicos de la NDC, el que se atiende en todas las reformas curriculares es la influencia de la ciencia en la sociedad; mientras que la relación inversa (la influencia de la sociedad en la ciencia) solo es considerada en la LOE y la LOMCE. La colectividad de la ciencia también es tratada en todas, excepto en la LOE. Por lo demás, es reseñable la atención al papel de los medios en la difusión de la ciencia en las dos reformas más recientes (LOMCE y LOMLOE), y al papel de la mujer en la ciencia solamente en la reforma en vigor actualmente, la LOMLOE.

Por último, es oportuno referirse también a una concepción errónea sobre la NDC, que se promueve en las prescripciones de la LOMCE. Dentro del bloque “Actividad científica”, correspondiente a la materia de física y química para 2º y 3º de ESO, se encuentra que uno de los estándares de aprendizajes evaluables dicta: “Reconocer e identificar las características del método científico” (Boletín Oficial del Estado, 2014, p. 258). Sin embargo, es harto reconocido que no existe un método universal que practiquen todos los científicos en sus trabajos de investigación (García-Carmona y Acevedo, 2018; McComas, 1998; Woodcock, 2014). Por tanto, se trata de un mito o falsa creencia cuya difusión debería evitarse en cualquier plan de ciencia escolar (García-Carmona, 2022b).

Tabla 4. Aspectos epistémicos y no epistémicos de la NDC atendidos en los aprendizajes evaluables de las sucesivas reformas curriculares para la educación científica en España

	Aspectos epistémicos de la NDC			Aspectos no epistémicos de la NDC					
	Procesos de la ciencia		Conocimiento científico	Internos a la comunidad científica		Externos a la comunidad científica			
	Error en la ciencia	Controversias científicas	Provisionalidad del conocimiento	Colectividad científica	Mujer en la Ciencia	Influencia de la sociedad en la ciencia	Influencia de la ciencia en la sociedad	Ciencia y religión	Medios y ciencia
LOGSE (1991)	✓		✓	✓			✓		
LOE (2007)		✓	✓			✓	✓	✓	
LOMCE (2015)			✓	✓		✓	✓		✓
LOMLOE (2022)			✓	✓	✓		✓		✓

Fuente: elaboración propia

Con el propósito de ilustrar cómo se sugiere la atención a los aspectos de NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de los currículos de enseñanzas mínimas analizados, se presentan los ejemplos recogidos en la **Tabla 5**.

88

Tabla 5. Ejemplos de alusiones a la comprensión de los aspectos de NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de las sucesivas reformas curriculares en España

Aspectos de NDC	Ejemplos de criterios o estándares de aprendizaje evaluables
Aspectos epistémicos	<p>Provisionalidad del conocimiento científico y error en la ciencia</p> <p>LOGSE: “Determinar mediante el análisis algún fenómeno científico [...] algunos de los rasgos distintivos del trabajo científico, de como [...] empresa [...] en continua revisión y [con] algunas limitaciones y errores” (Boletín Oficial del Estado, 1991, p. 40).</p>
	<p>Controversias científicas</p> <p>LOE: “Exponer razonadamente los problemas que condujeron a enunciar la teoría de la evolución, los principios básicos de esta teoría y las controversias científicas [...] que suscitó” (Boletín Oficial del Estado, 2006, p. 46).</p>
	<p>Provisionalidad del conocimiento científico</p> <p>LOMLOE: “Reconocer y valorar [...] que la ciencia es un proceso en permanente construcción [...]”. (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41663)</p>
Aspectos no epistémicos	<p>Colectividad científica e Influencia de la sociedad en la ciencia</p> <p>LOMCE: “Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e [...] influida por el contexto económico y político” (Boletín Oficial del Estado, 2014, p. 258).</p>

Mujer en la ciencia e Influencia de la ciencia en la sociedad	LOMLOE: “Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, destacando el papel de la mujer [...]” (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41613).
Ciencia y religión	LOE: “Exponer razonadamente los problemas que condujeron a enunciar la teoría de la evolución [...] y las controversias [...] religiosas que suscitó” (Boletín Oficial del Estado, 2006, p. 46).
Medios y ciencia	LOMLOE: “Reconocer la información [...] con base científica, distinguiéndola de pseudociencias, bulos, teorías conspiratorias y creencias infundadas [...]” (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41610).

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

En este trabajo se ha analizado en qué medida y cómo ha sido atendida la comprensión de aspectos básicos de la NDC (su peso educativo) en los currículos de ciencia escolar, a lo largo de las sucesivas reformas curriculares para la ESO, en España. El análisis se ha realizado tomando como referente teórico la conceptualización de la NDC dentro de la tradición CTS (Acevedo y García-Carmona, 2016; Acevedo *et al.*, 2017; García-Carmona, 2018), la cual da especial relevancia a la perspectiva no epistémica de la NDC, a diferencia de otras propuestas más extendidas internacionalmente, como la de Lederman (2006), que se centran sobre todo en los rasgos epistémicos de la naturaleza del conocimiento científico.

Del análisis se concluye, en primer lugar, que la NDC ha tenido (y tiene) un peso específico relativamente pequeño en las propuestas de aprendizajes evaluables del currículo de ciencia escolar, acercándose, en el mejor de los casos, a un exiguo 17% del total con la reforma curricular vigente (Boletín Oficial del Estado, 2022) para el desarrollo de la LOMLOE. Esto permite entender, con pesar, por qué la NDC es concebida todavía como un contenido de importancia menor (Olson, 2018), cuando no casi inexistente, en la mayoría de las programaciones didácticas que se elaboran para la educación científica básica, en España. Y consecuentemente, por qué es tan escasa su atención en la investigación educativa del área de la didáctica de las ciencias experimentales (García-Carmona, 2021c), si se compara con otros temas o cuestiones.

Teniendo en cuenta que España participa, desde el inicio, en las pruebas de evaluación de la competencia científica en el programa internacional PISA (OECD, 2019), lo que cabría esperar es que, si las disposiciones curriculares españolas fuesen coherentes con dicho marco, la NDC debería recibir, al menos, una atención equivalente al 33% de los aprendizajes evaluables previstos para la educación científica básica. Esto se basa -como ya se ha adelantado- en el hecho de que el marco teórico

de PISA contempla la NDC (bajo el etiquetado de conocimientos epistémicos) como uno de los tres pilares esenciales de la competencia científica.

El rasgo epistémico de la NDC, considerado en los aprendizajes evaluables de todas las prescripciones curriculares analizadas, es la provisionalidad del conocimiento científico; mientras que de la perspectiva no epistémica lo es la influencia de la ciencia en la sociedad. Asimismo, como aspecto positivo desde una mirada CTS para la NDC (Acevedo y García-Carmona, 2016), llama la atención que el currículo de ciencia escolar, en España, aun dentro de la parquedad señalada, haya venido prestando más atención a los rasgos no epistémicos de la NDC frente a los epistémicos. Algunos estudios empíricos, llevados a cabo con estudiantes de ESO, señalan que estos tienden a comprender mejor los aspectos no epistémicos que los epistémicos (Acevedo *et al.*, 2017). Por tanto, la promoción de situaciones de aprendizaje en torno a aspectos no epistémicos de la NDC constituye una buena manera de iniciar la introducción de este contenido, fundamental para la alfabetización científica, en los niveles educativos básicos.

En cualquier caso, los resultados de este estudio mantienen el pesimismo con respecto a fomentar la comprensión de la NDC en las clases de ciencia; la cual no terminará de adquirir el protagonismo que debiera corresponderle dentro de los planes para la educación científica básica, mientras las administraciones educativas no apuesten, de verdad, por adecuarlos a las sugerencias provenientes de la didáctica de las ciencias experimentales, al respecto. Esperemos que así sea en la próxima reforma curricular porque, con la recién aprobada, la oportunidad ya se esfumó.

90

Dedicatoria

A la memoria de mi colega y buen amigo José Antonio Acevedo-Díaz, con quien compartí muchas de las reflexiones, valoraciones e ideas expuestas en este trabajo.

Bibliografía

Abraira, V. (2001). El índice kappa. *Semergen*, 27(5), 247–249. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1138-3593\(01\)73955-X](https://doi.org/10.1016/S1138-3593(01)73955-X).

Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355–386. DOI: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.04.

Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3–19. DOI: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02.

Acevedo, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017). Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477–491. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730760503>.

Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V. y Weiland, I. S. (2011). The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 537–549. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9312-5>.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 918–942. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20432>.

Bell, R. L. (2009). Teaching the nature of science: Three critical questions. *Best Practices in Science Education*. National Geographic School Publishing.

Bennássar, A., Vázquez, Á., Manassero, M. A. y García-Carmona, A. (2010). Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la Naturaleza de Ciencia y Tecnología. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

91

Boletín Oficial del Estado (1990). Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE). Boletín Oficial del Estado, 238, de 4 de octubre de 1990. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/1990/10/03/1>.

Boletín Oficial del Estado (1991). Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (Anexo I). Boletín Oficial del Estado, 152, de 26 de junio de 1991. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1991/06/14/1007>.

Boletín Oficial del Estado (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE). Boletín Oficial del Estado, 106, de 4 de mayo de 2006. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>.

Boletín Oficial del Estado (2007). Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 5, de 5 de enero de 2007. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/12/29/1631/con>.

Boletín Oficial del Estado (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). Boletín Oficial del Estado, 295, de 10 de diciembre de 2013. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8>.

Boletín Oficial del Estado (2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3, de 3 de enero de 2015. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con>.

Boletín Oficial del Estado (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>.

Boletín Oficial del Estado (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 76, de 30 de marzo de 2022. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>.

Cáceres, P. (2003). Análisis cualitativo de contenido: Una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas, Individuo y Sociedad*, 2(1), 53–82. DOI: <https://doi.org/10.5027/psicoperspectivas-Vol2-Issue1-fulltext-3>.

Cañal, P., García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Paraninfo.

Elliott, K. C. y McKaughan, D. J. (2014). Nonepistemic values and the multiple goals of science. *Philosophy of Science*, 81(1), 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1086/674345>.

Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing nature of science for science education. Springer.

García-Carmona, A. (2021a). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1108. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108.

García-Carmona, A. (2021b). Learning about the nature of science through the critical and reflective reading of news on the COVID-19 pandemic. *Cultural Studies of Science Education*, 16(4), 1015–1028. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10092-2>.

García-Carmona, A. (2021c). La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década. *Revista de Educación*, 394, 241–270. DOI: <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>.

García-Carmona, A. (2022a). Spanish science teacher educators' preparation, experiences, and views about nature of science in science education. *Science & Education*, 31(3), 685–711. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00263-6>.

García-Carmona, A. (2022b). Improving preservice primary teachers' understanding of the nature of methods of science through reflective reading of news articles. *Science & Education*, 1-21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00338-y>.

García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education. *Science & Education*, 27(5–6), 435–455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9>.

García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 403–412. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.443>.

Good, R. (2012). Why the study of pseudoscience should be included in nature of science studies. En M. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (97–106). Springer.

Irzik, G. y Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. En M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (999–1021). Springer.

Lederman, N. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 1–11. Recuperado de: https://www.eduhk.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/index.htm.

Mayring, P. (2000). Qualitative content analysis. *Forum: Qualitative Social Research*, 1(2), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.17169/fqs-1.2.1089>.

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* (53–70). Kluwer.

McComas, W. F. y Clough, M. P. (2020). Nature of science in science instruction: Meaning, advocacy, rationales, and recommendations. En W. F. McComas (Ed.), *Nature of science in science instruction* (3–22). Springer.

McIntyre, L. (2021). Talking to science deniers and sceptics is not hopeless. *Nature*, 596(7871), 165–165. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02152-y>.

Muñoz, G. A. (2014). Comprensión sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS). *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(11), 61–76. DOI: <https://doi.org/10.22430/21457778.496>.

National Science Teaching Association (2020). Nature of science. Position statement. Recuperado de: <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science>.

NGSS Lead States (2013). *The Next Generation Science Standards: For States, by States*. National Academies Press.

Olson, J. K. (2018). The inclusion of the nature of science in nine recent international science education standards documents. *Science y Education*, 27(7), 637–660. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9993-8>.

Organization for Economic Co-Operation and Development (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework. OECD Publishing.

Osborne, J. y Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. Nuffield Foundation.

Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8), 919–944. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690500498351>.

White, B. Y., Collins, A. y Frederiksen, J. R. (2011). The nature of scientific meta-knowledge. En M. S. Khine y I. M. Saleh (Eds.), *Models and modeling* (41–76). Springer.

Woodcock, B. A. (2014). “The scientific method” as myth and ideal. *Science & Education*, 23(10), 2069–2093.

Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A. y Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343–367.

Cómo citar este artículo

García-Carmona, A. (2022). La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje de las sucesivas reformas curriculares en España: un análisis desde la tradición CTS. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 17(51), 77-94. Recuperado de: [inserte URL]