

Capítulo 4

¿QUÉ PUEDE APORTAR LA COMPARACIÓN DE NUESTRO CURRÍCULO DE CIENCIA ESCOLAR CON EL DE INGLATERRA?

Ana M. Criado, Marta Cruz-Guzmán, Antonio García-Carmona y Pedro Cañal

INTRODUCCIÓN

En un capítulo precedente se han hecho propuestas de mejora en el currículo oficial español en la LOE, en lo relativo a la enseñanza de las ciencias, tras su análisis desde las prescripciones de la Didáctica de la Ciencias. En este caso se ratifican y completan esas propuestas, de análisis del currículo español (vigente en el momento en que se desarrolló el proyecto que auspicia la investigación), tras la comparación con los documentos de un país con gran tradición en la investigación educativa en este campo.

En los diferentes estudios e informes ya mencionados en el capítulo anterior se ha hecho referencia a la preocupación general en Europa, y en particular, en nuestro país, por la situación de la enseñanza de las ciencias. El que los resultados de aprendizaje en esta materia no sean satisfactorios causa tanta inquietud porque la investigación arroja evidencias de la importancia de aprender ciencias desde edades tempranas, de ahí que nos vamos a detener en recordar algunas de las razones que sustentan esta supuesta relevancia.

La educación científica en Primaria se justifica (Harlen, 1993, 2008; Pujol 2003, Osborne y Dillon, 2008), primeramente por la necesidad de la alfabetización científica de los ciudadanos. Luego está su finalidad propedéutica, ya que esa alfabetización científica tiene que seguir desarrollándose, al menos, en la etapa educativa de la Secundaria Obligatoria. Lo primero se evidencia por el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida diaria, desde edades tempranas, que implica la necesidad de disponer de ideas de ciencias, para lograr desenvolverse cotidianamente de forma autónoma. En efecto, en su educación para la vida, los niños deben desarrollar conocimientos de ciencias en los que apoyarse al resolver, tanto situaciones que afecten de forma inmediata a su propia salud y seguridad, como problemas de mayor alcance, como los que afectan al desarrollo sostenible.

Otro de los argumentos que justifican la enseñanza de ciencias desde edades tempranas, se encuentra el hecho de que las ideas científicas clave, (que explican un amplio rango de fenómenos), no se pueden abordar abruptamente, (porque resultarían abstractas y sin significado). Solo pueden aprenderse si existe el antecedente de un soporte concreto de ideas específicas generadas a partir de la interpretación de experiencias del entorno de los escolares, (Harlen, 1993, 2008).

De hecho, la investigación arroja evidencias de que la ciencia ayuda a los niños a pensar de manera lógica y puede promover su desarrollo intelectual, pues la relación entre los fenómenos que se estudian y su interpretación tiene un carácter especial, que no se da en otras áreas de conocimiento (Harlen 2008). En particular, implica adquirir familiaridad con una forma específica de abordar con rigor y perseverancia los problemas, que no solo no se presenta en el pensamiento cotidiano, sino que supone un desarrollo cognitivo y un esfuerzo por superar sus sesgos. Es decir, la ciencia escolar incluye también aprender sobre la forma de generar conocimiento científico, pues ello tiene trascendencia en la adquisición de las capacidades necesarias para el aprendizaje a lo largo de la vida.

Por otra parte, desarrollar (y no anular) una actitud de curiosidad, de creatividad, de espíritu crítico, de construcción social de conocimiento; algo que es esencial para luchar contra actitudes apáticas e individualistas (Pujol 2003) y formar ciudadanos responsables en sus decisiones. Ya que la investigación muestra que el interés y actitudes hacia las ciencias se generan antes de los 14 años, es en edades tempranas donde más se debe cuidar la educación científica dentro y fuera del colegio (Osborne y Dillon, 2008).

Cómo ya hemos dicho en un capítulo anterior, uno de los factores relevantes que inciden en la problemática de la enseñanza de las ciencias es la orientación y contenido de los currículos oficiales, cuestión que ha sido tratada solo parcialmente. En efecto, los estudios e informes como el informe Enciende, (Couso et al, 2011), el informe Eurydice (2011), etc., han tratado una parte de la extensa temática que implica la educación científica, dejando por analizar muchas otras cuestiones del currículo de ciencia; especialmente en las edades tempranas. Así, se echan en falta estudios que acometan, específicamente, una comparación de los elementos curriculares sugeridos para la educación científica en los programas oficiales de distintos países; de ahí que se haya iniciado esta línea de investigación, abordando este aspecto en el caso del currículo vigente en nuestro país.

EL PROBLEMA INVESTIGADO

Los resultados del análisis de la educación científica en España, realizados en el capítulo precedente, se completaron con un estudio comparativo del currículum oficial español de ciencia¹, dentro de la denominada *área de Conocimiento del medio natural, social y cultural* (CMNSC, en adelante), con el de Inglaterra y Gales (Department for Education and Employment [DEE], 1999).

La elección del currículo inglés responde a que concedemos gran valor didáctico a las actividades experimentales (Criado y García-Carmona, 2011b), y a que este es uno de los países donde mayor incidencia tienen las actividades experimentales en el aprendizaje de las ciencias (Woodley, 2009); algo que contrasta con lo que ocurre en las aulas españolas. Así mismo en este currículo se dedica un núcleo específico a la investigación científica y en sus objetivos aparece de forma explícita la relevancia concedida a las estrategias de enseñanza y aprendizaje por investigación, que constituye una de las líneas de trabajo prioritarias de los autores (Cañal, Pozuelos y Travé, 2005; Criado y García-Carmona, 2011a).

El estudio se centró en determinar qué mejoras podrían ser incluidas en el currículo español de ciencia de primaria, tras compararlo con el de dicho país. Para realizar un análisis en profundidad hubo que seleccionar los elementos curriculares que permitieran una comparación paralela, encontrándose que esto era posible en las finalidades y contenidos de la ciencia escolar. De este modo, los interrogantes que guiaron el análisis fueron:

1. Finalidades Educativas
 - 1.1 *¿Qué finalidades se plantean con el aprendizaje de la Ciencia en Primaria?*
2. Núcleos de contenidos y su distribución
 - 2.1 *¿Cuáles son los núcleos de contenidos básicos establecidos?*
 - 2.2 *¿Cómo se distribuyen esos contenidos y qué progresión-secuenciación se propone para los distintos niveles?*

Con las preguntas anteriores se trató de determinar en qué coinciden y difieren el currículo español y el inglés en esta materia, a fin de responder a la cuestión que da título al trabajo y hacer propuestas de mejora.

¹ R.D. 1513/2006, del Ministerio de Educación.

METODOLOGÍA

Siguiendo las pautas metodológicas de la educación comparada (Ferrán, 2002), se analizaron los documentos en sus versiones originales, agotando las etapas *descriptiva* (D), *de yuxtaposición* (Y) y *comparativa* (C), de dicha metodología, que se repitieron en iteraciones sucesivas.

La etapa D del análisis pasó por una comprensión de cada documento, con vistas a localizar y disponer de los datos pedagógicos a comparar. En las dos siguientes se desarrollaron y fijaron los criterios de selección, se buscaron presencias/ausencias de elementos comunes en los documentos, y se extrajeron conclusiones para la mejora del español.

En el análisis se siguieron también procesos de validación y fiabilidad, combinando estrategias de análisis inter e intrajueces (Padilla, 2002).

La organización de los investigadores se hizo mediante las siguientes fases:

- I. Los cuatro investigadores del proyecto distribuyen tareas: a) dos trabajan directamente con los datos, como jueces independientes, y los otros dos realizan una validación externa; b) se determinan qué apartados del instrumento marco se usarán para el protocolo específico de este análisis.
- II. Comienzo del trabajo sobre los currículos por dos investigadoras independientes (2id): se realiza el estudio de las características idiosincrásicas de los dos documentos y la localización de epígrafes equivalentes a los elementos curriculares a comparar, rellenando las tablas correspondientes con la selección efectuada, en el idioma original (etapa D). En primer lugar, cada investigadora actúa independientemente. Después, durante la puesta en común, se infiere la necesidad de modificar la estructura de las cuestiones de investigación iniciales, así como el orden en algunos indicadores del protocolo de análisis. Además, se traducen los documentos ingleses.
- III. Reunión de los cuatro investigadores para valorar y aprobar las modificaciones propuestas.
- IV. Continuación del análisis por 2id (etapas D, Y y C): continuación de la fase II, con la construcción de tablas, y traslado de los elementos buscados en cada uno de los dos currículos. Con el texto en castellano en las tablas, se fueron identificando los aspectos comunes y las omisiones en el español, con vistas a valorarlos como posibles mejoras en este. Se decide indicar con el símbolo “Φ” la omisión de ese elemento en el currículo correspondiente. También se acuerda que antes de registrar una omisión como firme, se revise a fondo el documento, y se busque el tópico echado en falta,

por si aparece en otro lugar y así saber si ese aspecto no se contempla en ningún epígrafe. Tras cada análisis comparativo, cada investigadora escribe comentarios y emite sugerencias para la mejora del currículo español. En una nueva puesta en común entre ambas, se verifican las coincidencias y se busca consenso en las disparidades.

V. Reunión de los cuatro investigadores para poner en común el trabajo anterior.

El instrumento del análisis comparativo (tabla 1) se configuró a partir de las preguntas indicadas anteriormente. Este es parte de un instrumento más amplio ya validado en el estudio anterior (García-Carmona, Criado y Cañal, 2014), donde se analiza el grado de coherencia de la educación científica en el currículo español de primaria. En el instrumento, cada pregunta va acompañada de una serie de indicadores, a modo de respuestas expertas, de acuerdo con las tendencias actuales en didáctica de las ciencias, que sirven de referentes para el análisis.

Entre las finalidades de la educación científica básica, debe considerarse prioritario aquello que favorezca: 1.1 La adquisición de conocimientos científico-tecnológicos básicos 1.2 El desarrollo de habilidades y destrezas próximas a la actividad científica 1.3 Una primera comprensión de elementos básicos de la NDC. 1.4 El desarrollo de un pensamiento crítico y responsable ante cuestiones sociocientíficas significativas para el desarrollo ciudadano.
En cuanto a los núcleos de contenidos y su distribución: 2.1 Deben proponerse contenidos relacionados, no fragmentados y bien organizados 2.2 Deben referirse a la realidad sacionatural palpable por los escolares y, consecuentemente, para responder a las preguntas de los escolares y que sean útiles en la vida cotidiana. 2.3 Deben secuenciarse mediante un hilo conductor que tenga en cuenta la lógica psicológica del escolar, y cierta coherencia con la epistemología del conocimiento científico (secuenciación progresiva).

Tabla 1. Indicadores para el análisis de las finalidades y los contenidos de los currículos.

RESULTADOS

Empezamos aclarando las correspondencias de niveles entre los sistemas educativos comparados (tabla 2). En España, antes de secundaria se distinguen las etapas de infantil primaria; esta última con tres *ciclos*. En Inglaterra son dos *etapas*, precedidas de la educación infantil cuya competencia no es estatal sino municipal.

ESPAÑA		INGLATERRA y GALES	
Etapa	Edades	Etapa	Edades
Infantil	3 - 6	Competencia de los municipios	< 5
Primaria			
1er ciclo	6 - 8	Key stage 1	5 - 7
2º ciclo	8 - 10	Key stage 2	
3er ciclo	10 - 12		7 - 11

Tabla 2. Niveles en los sistemas educativos español e inglés, para edades tempranas.

Los documentos oficiales tienen una estructura idiosincrática que reflejamos en la tabla 3.

CMNSC Ens. mínimas España (R.D. 2006)	Science Education National Curriculum Inglaterra y Gales (DEE, 1999)
<p>Varios documentos entre ellos: R. D. 2006 con todas las áreas de conocimiento de primaria (50 pp.) Del R. D. 2006:</p> <p>Artículo 5. Currículo:</p> <ol style="list-style-type: none"> Objetivos Competencias básicas Contenidos Métodos pedagógicos Criterios de evaluación de la etapa (p. 43055) <p>Artículo 6. Competencias básicas Aprendizajes imprescindibles ... aplicación saberes, ... al finalizar la enseñanza obligatoria para lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, ... aprendizaje permanente a lo largo de la vida.</p> <p>Incorporadas para:</p> <ul style="list-style-type: none"> ...que ... integren sus aprendizajes y los utilicen en diferentes contextos Orientar la enseñanza, identificar contenidos y criterios de evaluación <p>Anexo I (p. 43058) Áreas de la educación primaria Anexo II (p. 43063)</p>	<p>Guía de ciencias, para toda la educación obligatoria. (87 pp.)</p> <ol style="list-style-type: none"> Programa: las ciencias a enseñar en las etapas llave 1, 2, 3 y 4, conteniendo: Conocimientos habilidades y comprensión que ha de ser enseñado de esa asignatura en la etapa. Amplitud del estudio: contextos, actividades, y ... experiencias, en los que “2” deberían ser enseñados. Ejemplos Resumen: lo importante a aprender en la etapa. Attainment targets (A.T) & levels description (p. 7) 8 niveles de dificultad progresiva: describiendo conocimientos, habilidades y comprensión que se espera que posean escolares de diferentes capacidades y madurez,... la actuación de un escolar que trabaja en ese nivel. (pp. 6, 7, 12, 13)

Tabla 3. Estructura de los documentos consultados, sobre la ciencia, en educación primaria.

Hay varios aspectos a valorar positivamente en el currículo inglés, ya que supondrían una mejora del español:

- La existencia de una única guía y estructura para la enseñanza de la ciencia a lo largo de toda la educación obligatoria.

- Los *attainment targets*, que determinan explícitamente los logros progresivos que deben alcanzar los escolares a lo largo de la etapa, mediante una propuesta de niveles o hipótesis de progresión.

- Una cuidadosa correspondencia entre los diferentes elementos curriculares, lo que, quizás, explique que – a diferencia de lo que ocurre en España – permanezcan en el tiempo, incluso tras reformas.

Finalidades: ¿Qué se pretende con el aprendizaje de la ciencia en primaria?

En la tabla 4 se reproducen alusiones a las finalidades de la educación científica en cada currículo. Cada una va precedida del número de indicador del instrumento de análisis (ver la tabla 1 en las páginas siguientes) con el que está relacionada.

Hay rasgos de las finalidades (asociados a los indicadores 1.1, 1.2 y 1.4), que comprenden unos mínimos de alfabetización científica, y que pueden interpretarse de manera similar en los dos currículos; a saber: desarrollo personal de los escolares y su desenvolvimiento en la vida cotidiana; comprensión del mundo que les rodea; y desarrollo de un pensamiento crítico ante cuestiones sociocientíficas.

También se encuentra que ambos currículos son poco explícitos al hacer referencias a la Naturaleza de la Ciencia (NdC), si bien, en la descripción de la *competencia de interacción con el mundo físico (IMF)* del primero se alude a *reconocer la naturaleza, fortalezas y límites de la actividad investigadora como construcción social del conocimiento*, o a la *valoración del conocimiento científico al lado de otras formas de conocimiento* (pp. 43059-43060).

Tampoco se presta suficiente interés explícito a diferenciar ciencia y pseudociencia; cuestión que constituye una de las aplicaciones de la *ciencia en contexto* que contempla la *competencia científica*.

En síntesis, respecto a las finalidades, el currículo español comparte bastantes aspectos con el inglés, encontrándose en ambos una necesidad de mejora prescindiendo mayor interés a cuestiones relativas a la NdC.

Objetivos y competencia para la interacción con el mundo físico (CIMF) Área CMNSC (España)	Objetivos Science Education National Curriculum (Inglaterra y Gales)
<p>1.1 ... pretende, ... proporcionar informaciones ... sobre el mundo, ... sean capaces comprenderlas e interpretarlas ... respuestas válidas a las cuestiones ... coherentes con criterios científicos..., superando ... concepciones previas de escasa base científica ..., familiarizándose ... forma en que se construye el conocimiento científico. <i>(Anexo II área CMNSC, p 43063)</i> ... aplicación de ... conceptos científicos y técnicos, y de teorías científicas básicas <i>(Anexo I p. 43060)</i> ... de conceptos y principios básicos ... análisis ... fenómenos desde ... conocimiento científico <i>(Anexo I CIMF (p.43060)</i></p> <p>1.2 y 1.4 ... para poner en práctica los procesos y actitudes propios del análisis sistemático y de indagación científica: identificar y plantear problemas ... planificación ... soluciones técnicas, ... desenvolverse ..., con autonomía e iniciativa personal en ámbitos de la vida ... interpretar el mundo, ... conceptos y principios ... <i>(Anexo I CIMF (p. 43060)</i></p> <p>1.2 8. Identificar, plantearse y resolver interrogantes y problemas ... del entorno, utilizando estrategias ... 9. Planificar y realizar proyectos, ...y aparatos sencillos..., ... conocimiento de las propiedades ... de ... materiales... <i>(Objetivos área CMNSC, p. 43064)</i></p> <p>1.3 ... reconocer la naturaleza, fortalezas y límites de la actividad investigadora como construcción social del conocimiento a lo largo de la historia. <i>(Anexo I CIMF p. 43060)</i></p>	<p>1.1 La ciencia ... todo lo que queremos saber sobre la vida ... robusta información del universo encaja con nuestras vidas ... encauzar nuestra curiosidad espontánea. ... enseña a hacer buenos análisis ... es una parte integral de la cultura moderna. Amplía la imaginación y creatividad ... <i>(The importance or science p. 14)</i></p> <p>1.2 ... favorece ... se desarrollen habilidades llave: comunicación, ..., trabajar con datos numéricos,, trabajar en grupo, haciendo investigaciones; mejorar el propio aprendizaje y rendimiento, reflexionando ... y evaluando lo que han logrado. <i>(Promoting key skills through science, p. 8)</i> El método científico desarrolla ... explicaciones ... a través de evidencia experimental y producción de modelos. <i>(The importance of science, p.15)</i> Resolver problemas, buscando formas de contestar cuestiones científicas. <i>(Prom. key skills through science, p. 8)</i></p> <p>1.3 La ciencia ... promover el desarrollo: Cultural, ..., reconocer cómo los inventos científicos y las ideas han afectado a cómo piensan, ... y viven las personas, <i>(Promoting pupils' spiritual, moral, social & cultural development through science, p. 8)</i></p>

<p>Diferenciar entre ciencia y pseudociencia Ø</p>	<p>Diferenciar ciencia y pseudociencia Ø</p>
<p>Educación para el consumidor ...demostrar espíritu crítico ... observación ... realidad ...análisis de mensajes informativos y publicitarios ... consumo responsable (Anexo I CIMF p. 43060)</p>	<p>Educación para el consumidor Ø</p>
<p>1.4 1. Identificar ...elementos del entorno natural..., organización, características e interacciones.... 5. Analizar algunas manifestaciones de la intervención humana en el medio, valorándola críticamente y adoptando un comportamiento en la vida cotidiana de defensa y recuperación del equilibrio ecológico ... (Objetivos área CMNSC, p. 43064) ... y tomar decisiones sobre el mundo ... cambios que la actividad humana produce sobre el medio ambiente, la salud y la calidad de vida de las personas. ... interactuar con el mundo físico, ... predicción de consecuencias y ... preservación de las condiciones de vida propia ... y del resto de los seres vivos. argumentar racionalmente las consecuencias de unos u otros modos de vida, y adoptar ... vida física y mental, entorno natural y social ... saludables. ... actitudes de responsabilidad influencia que tiene ... actividad humana que todos los seres humanos se ...beneficien del desarrollo .. la conservación de los recursos y la diversidad natural, ...la solidaridad global e intergeneracional. (Anexo I CIMF p. 43060)</p>	<p>1.4 La ciencia ... promover el desarrollo: Espiritual,..., reflexionando sobre ... temas como ¿cuándo empieza la vida? ... Moral, ayudando a ver la necesidad de obtener conclusiones.. basadas en evidencias y no en prejuicios, ... discusión de las implicaciones de los usos del conocimiento científico, ... Social, ... formación de opinión ... justificación de decisiones ..., diferentes interpretaciones de una evidencia científica ... en temas de discusión social. (Promoting pupils' spiritual, moral, social & cultural development through science, p. 8) ... valorar ... el medioambiente (Foreword, p. 4) ... La educación para el desarrollo sostenible, ... tomar decisiones fundadas, la búsqueda de valores éticos relativos a la aplicación de la ciencia y la tecnología, y ... diversidad e interdependencia. (Promoting other aspects of the curriculum p. 9) ...a prenden a hacer preguntas y tratar temas ... sobre sus vidas, sociedad y desarrollo futuro (The importance of science, p.15.)</p>

Tabla 4. Comparación de las finalidades educativas para las ciencias en cada currículo.

Contenidos

Los núcleos en los que se estructuran los contenidos para la educación científica en Primaria se representan en la tabla 5. El bloque sobre *Vida o Seres vivos* aparece en los dos currículos, (en el español, bloques 1, 2 y 3). En el resto de núcleos existe más diversidad, como ya se ha constatado en otros casos (Rudock y Sainsbury, 2008: 35), cuando se cotejan los países mejor clasificados en las evaluaciones comparativas. No obstante, sí que es común a todos que el contenido se enfoque sobre los materiales, organismos y objetos del entorno cotidiano de los escolares.

ESPAÑA: 5 bloques de ciencias	INGLATERRA: 4 areas of science
1. El entorno y su conservación. 2. La diversidad de los seres vivos. 3. La salud y el desarrollo personal. 6. Materia y energía. 7. Objetos, máquinas y tecnologías. (Se omiten los bloques 4 y 5, más relacionados con Ciencias Sociales)	1. Investigación científica. 2. Seres vivos. 3. Materiales y sus propiedades. 4. Procesos físicos.

Tabla 5. Núcleos de contenidos científicos en España, Inglaterra.

Para saber hasta qué punto los contenidos en los currículos satisfacen los indicadores de referencia propuestos, es necesario considerar contenidos específicos. Una vez seleccionados los núcleos a comparar, se analizan según los indicadores 2.1, 2.2 y 2.3 (tabla 1).

Selección de núcleos de contenidos a comparar

Como se observa en las tablas 5 y 7, el núcleo sobre *Investigación científica* es idiosincrásico del currículo inglés, luego no queda más que reflejar su omisión en el caso de nuestro país. Además, se tomaron como base un número mínimo de núcleos de contenido relevantes y similares en los dos currículos, en particular los bloques 6 y 7 del currículo español y los núcleos 3 y 4 del inglés.

Excluimos aquí el análisis de los núcleos relativos a los *seres vivos*, por limitaciones de espacio, si bien ya hemos hecho propuestas para dicho contenido (Cañal, 2008). De la misma manera, no abundaremos mucho sobre aspectos específicos de *las máquinas* tratados en *Objetos, máquinas y tecnologías*, que ya hemos abordado en otro lugar (Criado y García-Carmona, 2011b).

La investigación científica (tabla 6) es un núcleo cargado de contenidos procedimentales que no existe en el caso español, aunque se infiere la intencionalidad de que se practiquen procesos de investigación. Véase, a modo de ejemplo (formulados, además, de forma progresiva), procesos como *observación y explicación*, incluidos en el bloque de *materia y energía* para cada ciclo (tabla 7).

Inlaterra y Gales. Contenido: <i>Investigación científica</i> (pp16 y 21)	
Key Stage 1 (hasta 7 años)	Key Stage 2 (hasta 11 años)
Ideas y evidencias en Ciencia:	
Recoger evidencias para contestar a una pregunta	Establecer nexos entre causa y efecto
Habilidades investigativas:	
Planificación	
Pensar lo que ocurrirá antes de hacer	Decidir por anticipado qué datos recoger y qué material usar
<i>Obtención y presentación de evidencias</i>	
Explorar (mediante los sentidos)	Hacer control de variables
<i>Consideración de evidencias y evaluación</i>	
Comparar lo ocurrido con lo esperado	Decidir si las conclusiones son acordes con las predicciones

Tabla 6. Secuenciación de contenidos de *Investigación científica*. Inglaterra y Gales.

El currículo inglés, en coherencia con las finalidades planteadas, considera parte del contenido que los escolares hagan indagaciones sobre aspectos de su entorno cotidiano, de manera que estas sirvan de base para construir conceptos y para aprender habilidades específicas de los procesos investigativos. Si, con ayuda de los indicadores 2.1, 2.2 y 2.3, evaluamos este núcleo en cada currículo (tablas 6 y 7), vemos que sí se cumplen esos requisitos.

Ahora bien, el currículo inglés no hace alusión clara a otras cuestiones relativas a la NdC, salvo una leve referencia al papel que la ciencia ha desempeñado en el desarrollo de muchas cosas útiles (pp. 20, 27).

Como recomendación para la mejora del currículo español, al respecto, proponemos un núcleo específico sobre *indagación escolar*, incluyendo algunas primeras nociones de NdC, en coherencia con las recomendaciones que hace en las finalidades para la educación científica.

En una perspectiva comparativa general de los núcleos que siguen, y buscando similitudes, vemos que, atendiendo al indicador 2.2, los dos currículos coinciden en iniciar la enseñanza de las ciencias en los ámbitos que rodean al escolar, con cuestiones que le resulten útiles como: *el estudio y clasificación de los materiales del entorno, el cuerpo humano, alimentación*, etc. Pero no podemos decir que se cumpla en todos los casos el criterio 2.1 (contenidos *bien relacionados y organizados*); ni el 2.3 (*progresión adecuada al pasar de curso*), como vamos a ver. Para obtener una impresión general, obsérvense y compárense las tablas 7 y 9. En cada una, sígase la enumeración de contenidos dentro de un ciclo (en vertical) y su *progresión* al aumentar de nivel (en horizontal).

Centrando la atención en *materiales y sus propiedades*, vemos que los contenidos son similares (*propiedades de los objetos, de los materiales, y de las sustancias, mezclas, procedimientos de separación, cambios de estado,...*), pero la sistematización en vertical y horizontal es mucho más adecuada en el caso del inglés.

Lo ilustraremos con un ejemplo dentro del tercer ciclo español, en el que el orden en los contenidos viene a ser: *materiales, densidad, flotabilidad, fuerzas, energía, residuos y contaminación, mezclas, reacciones químicas, cambios de estado, planificar experiencias sobre los cuerpos y la luz, sonido, calor humedad, electricidad; normas de seguridad*. Verificando si se cumple el indicador 2.1, nos preguntamos: ¿Por qué no se sigue la secuencia *material - materia - sustancia* antes de llegar a *mezclas de sustancias*? ¿Qué criterio de organización lleva a las *mezclas* lejos de la *clasificación de los materiales*? ¿Y a las *reacciones químicas* antes de los *cambios de estado*?

Y en los tres ciclos, aparece el error de considerar que el *estado de agregación* es una *propiedad* de *materiales y objetos*. Nótese que dicha concepción alternativa es la que lleva a los niños a pensar que hielo y agua líquida son sustancias diferentes.

Consideremos otro caso: en lo que engloba a otros *procesos físicos*, es cierto que los documentos comparten contenidos relativos a *fuerzas, circuitos eléctricos sencillos, luz, sonido, magnetismo y gravedad*. Pero contrasta la sistematicidad con que aparece cada contenido cíclicamente en cada etapa (Key stage), en el caso inglés, y la forma salteada con que aparecen en el español, incumpliendo los criterios 2.1 y 2.3. Por ejemplo, el *sonido* se trata apenas en el primer ciclo (p.43065), y el magnetismo apenas se contempla (salvo en segundo ciclo (p. 43067), en *clasificación de materiales por... su atracción magnética,...*).

Y el caso de la *luz*, observando la tabla 7, se detecta que no aparece en primer ciclo, omitiéndose la propagación de la luz y la formación de sombras, que se deja para segundo, quizás, junto con la reflexión y la descomposición de la luz blanca, (p. 43067). Para el tercero, no se prescribe una profundización (por ejemplo, en

ESPAÑA: Núcleo de contenido: Bloque 6. Materia y energía		
1 ^{er} Ciclo (6, 7 años)	2 ^o Ciclo (8, 9 años)	3 ^{er} Ciclo (10, 11 años)
<p>La diversidad de materiales. Clasificación según criterios elementales: estado de agregación, textura, color, forma, plasticidad, etc.</p> <p>Observación de los efectos de la aplicación de una fuerza. Fuerzas en la misma dirección. Fuerzas de contacto y a distancia.</p> <p>La percepción del sonido. La transmisión del sonido en diferentes medios. El ruido y la contaminación acústica.</p> <p>Desarrollo de actitudes conscientes, individuales y colectivas, frente a determinados problemas medioambientales.</p> <p>Reducción, reutilización y reciclaje de objetos y sustancias.</p> <p>Luz, sombras, ... Ø</p>	<p>Comparación, clasificación y ordenación de diferentes objetos y materiales a partir de propiedades físicas observables (peso/masa, estado, volumen, color, textura, olor, atracción magnética) y posibilidades de uso.</p> <p>Identificación de fuerzas conocidas que hacen que los objetos se muevan o se deformen. Fuerzas de atracción o repulsión.</p> <p>Energía y los cambios. Fuentes y usos de la energía. Observación de la intervención de la energía en los cambios de la vida cotidiana.</p> <p>Valoración del uso responsable de las fuentes de energía en el planeta.</p> <p>Producción de residuos, la contaminación y el impacto ambiental.</p> <p>Identificación de mezclas.</p> <p>Responsabilidad individual en el ahorro energético.</p> <p>Comportamiento de los cuerpos en función de la luz. La reflexión de la luz y la descomposición de la luz blanca.</p> <p>Planificación de experiencias sencillas para estudiar las propiedades de materiales de uso común y su comportamiento ante cambios energéticos, haciendo predicciones ...</p> <p>Respeto por las normas de uso, seguridad y de conservación de los instrumentos y de los materiales de trabajo.</p>	<p>Estudio y clasificación de algunos materiales por sus propiedades (dureza, solubilidad, estado de agregación, conductividad térmica).</p> <p>Utilización de diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo.</p> <p>Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad. La flotabilidad en un medio líquido.</p> <p>Pre dicción de cambios en el movimiento, en la forma o en el estado de los cuerpos por efecto de las fuerzas o de las aportaciones de energía.</p> <p>Fuentes de energía renovables y no renovables. El desarrollo energético, sostenible y equitativo. Responsabilidad individual en su consumo.</p> <p>Diferentes formas de energía. Transformaciones simples de energía.</p> <p>Separación de componentes de una mezcla mediante: destilación, filtración, evaporación o disolución.</p> <p>Reacciones químicas. Combustión, oxidación y fermentación.</p> <p>El calor, percepción y observación sistemática de sus efectos: aumento de temperatura y dilatación. Cambios de estado y su reversibilidad.</p> <p>Planificación y realización de experiencias diversas para estudiar las propiedades de materiales de uso común y su comportamiento ante la luz, el sonido, el calor, la humedad y la electricidad.</p> <p>Comunicación oral y escrita del proceso y del resultado.</p> <p>Respeto por las normas de uso, seguridad y de conservación de los instrumentos y de los materiales de trabajo.</p>

Tabla 7. Secuenciación de contenidos de Materia y energía ESPAÑA.

su naturaleza y propagación), sino que se pasa a un genérico *planificación de experiencias para el estudiar el comportamiento de los materiales ante la luz, sonido, electricidad y calor...* (p.43069). Por tanto, no se cumplen los indicadores 2.1 y 2.3.

Para desarrollar una comprensión de estos fenómenos se pueden utilizar diferentes enfoques. Uno implica comenzar abordando la diferencia entre luz /oscuridad, abordando la formación de sombras. Después vendrían aspectos más complejos como la reflexión y refracción, etc. El currículo inglés ha adoptado este enfoque (tabla 10).

Otra posibilidad implica, antes de los 10 años, poner en conexión fenómenos luminosos, sonoros, caloríficos, eléctricos, magnéticos, cambios físicos y cambios químicos, con la intención de ir construyendo el concepto de *energía*. Y, en una segunda instancia, tratarlos uno a uno, con mayor profundidad, siguiendo el primer enfoque, que es la opción que toman en otros países.

Por consiguiente, el currículo español debería prestar más atención a los indicadores 2.1 y 2.3, aplicados a los contenidos, a lo largo de toda la etapa.

ESPAÑA. Núcleo de contenido: Bloque 7. Objetos, máquinas y tecnologías (reproducido parcialmente)		
1 ^{er} Ciclo (6, 7 años)	2 ^o Ciclo (8, 9 años)	3 ^{er} Ciclo (10, 11 años)
... máquinas en el entorno. Montaje y desmontaje de objetos simples. ... funcionamiento de objetos y máquinas. Uso... sustancias herramientas ... seguridad oficios en función de los materiales, herramientas y máquinas que utilizan. ...fuentes de energía con las que funcionan las máquinas. Planificación y realización ..objeto o máquina ... sencilla. ... algunos operadores mecánicos... ...aplicaciones tecnológicas respetuosas con el medio ambiente. ... los grandes inventos propiedades de los materiales y su uso en aplicaciones concretas. ...aplicaciones ... las máquinas, ... utilidad ... Construcción de estructuras sencillas...para resolver un problema... Circuitos eléctricos sencillos. Efectos de la electricidad. Conductores y aislantes. Elaboración de un informe..., ...influencia del desarrollo tecnológico en las condiciones de vida y en el trabajo.

Tabla 8. Secuenciación de contenidos de: Objetos, máquinas y tecnologías en España.

Inglaterra y Gales. Contenido: Materiales y sus propiedades.	
Key Stage 1 (hasta 7 años) p. 18	Key Stage 2 (8- 11 años) p. 25
<p>Agrupar materiales observando similitudes y diferencias en propiedades simples.</p> <p>Relacionar usos de materiales con sus propiedades</p> <p>Reconocer cambios en la forma de materiales, al calentar/ enfriar (agua, chocolate, pan, ...)</p>	<p>Agrupar y clasificar materiales y objetos por el material de que están hechos. Relacionar propiedades materiales y su uso (aislantes térmicos y eléctricos; apariencia y permeabilidad en rocas y suelos).</p> <p>Diferenciar estados físicos (S, L, G)</p> <p>Reconocer cambios. Reversibles (ciclo del agua). Irreversibles (bicarbonato y vinagre, combustión, ...)</p> <p>Separando mezclas.(Partículas sólidas por tamaños, disolventes por evaporación, ...)</p>
Inglaterra y Gales. Contenido: Procesos físicos	
Key Stage 1 (hasta 7 años) p. 19	Key Stage 2 (8-11 años) pp. 26, 27
<p>Electricidad</p> <p>Fuerzas y movimiento</p> <p>Luz y sonido.</p> <p>Luz y oscuridad.</p> <p>Haciendo y detectando sonidos.</p>	<p>Electricidad: Circuitos simples. Timbres, motores, baterías. C. Serie</p> <p>Fuerzas y movimiento.Tipos de fuerzas. (Magnética, gravitacional, rozamiento, rozamiento del aire, acción y reacción, dirección de F.)</p> <p>Luz : Efectos de la luz. Propagación, sombras, Reflexión, reflexión de luz en superficies, mecanismo de visión</p> <p>Vibración y sonido. Producción al vibrar objetos. Tono e intensidad de sonidos (tambores, cuerdas). Medio propagación</p> <p>La Tierra y más allá. Sol, la Tierra y Luna. mov. aparente sol y sombras. ...Día y noche y rotación. Año y traslación terrestre. Mes y traslación lunar</p>

Tabla 9 Secuenciación de *Materiales y sus propiedades* y *Procesos físicos*. Inglaterra y Gales.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

En cuanto a la estructura general de la educación científica, sería interesante preguntarse si el currículo de cada área o asignatura, debiera plasmarse a lo largo de toda la enseñanza obligatoria, con una estructura continua y similar. Es una buena noticia que se diga que en la próxima reforma educativa esto se va a llevar a cabo.

Se debería aprovechar el cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias, incorporando la descripción del desarrollo progresivo de las ideas de los niños hacia los conceptos científicos, aportando y fundamentando hipótesis de progresión sobre la formulación de los conceptos (también de habilidades y actitudes en cada nivel), tal y como se hace en el currículo inglés.

Basándonos en lo anterior, convendría hacer explícita la descripción de la actuación esperable de un escolar, al acabar un ciclo, y al acabar la etapa, definiendo en cada caso el nivel de alfabetización científica razonable.

Además, debería observarse una correspondencia clara y coherente entre los contenidos curriculares y las finalidades de la educación científica en Primaria.

En lo que respecta a las finalidades, el currículo español puede mejorar, proponiéndose la iniciación de los escolares en la reflexión acerca de la NdC y los procesos de investigación escolar.

Reiteramos, como consecuencia de la constatada poca motivación hacia las ciencias en nuestro país, que entre las finalidades debería fomentarse el aprendizaje de la ciencia de forma divertida (interesante, relacionada con lo cotidiano, ciencia recreativa).

Sobre la propuesta de contenidos, debería contemplar núcleos aceptados en currículos de referencia internacional, como los analizados, que sintonizan con las tendencias actuales en didáctica de las ciencias. Los núcleos aludidos serían: *los procesos de investigación, los procesos físicos, los materiales y sus propiedades, los seres vivos (incluyendo el entorno, el cuerpo humano y la alimentación), las máquinas y artefactos (o diseño tecnológico)*. De incluir la energía en el nombre de algún núcleo, debería hacerlo, necesariamente, también con el de las máquinas. Asimismo, los contenidos deberían estar formulados en coherencia con el resto de elementos curriculares; en este caso, con las finalidades educativas.

Debe cuidarse la coherencia exhaustiva con las metas de aprendizaje. Es decir, si se ha declarado en las finalidades la intención de *desarrollar habilidades próximas a la actividad científica*, debería aparecer en los contenidos, con la presencia de un núcleo específico sobre *investigación (escolar)*. En ese núcleo se incluirían algunas nociones de NdC (cómo se genera el conocimiento científico, con versiones adaptadas de génesis histórica de algunos conceptos; ejemplos cotidianos que permitan distinguir qué es ciencia frente a pseudociencia; etc.). Esto se puede hacer de la misma manera que actualmente se tratan *los inventos*. Su omisión podría suponer un perjuicio con vistas a que estas nociones sean abordada en las aulas, ya que la propuesta de contenidos es la que suele determinar qué enseñar de (y sobre) ciencias, por encima de las metas educativas.

La estructuración sistemática y longitudinal de los contenidos

En el currículo español es necesaria la estructuración explícita y sistemática –a modo de hipótesis– de los contenidos de cada ciclo y su secuenciación progresiva – en orden creciente de complejidad – al pasar longitudinalmente de un ciclo a otro superior. La revisión de todos los contenidos debe hacerse por un equipo

que integre expertos en la didáctica de cada una de las materias de ciencias involucradas. Debe replantearse la selección de contenidos para mejorar la ciencia escolar propuesta, subsanando omisiones y defectos como las de los ejemplos que se han mencionado. (El caso del concepto estructurante de energía, unido no solo al núcleo de la materia, sino también al de las máquinas, a los seres vivos, al clima, a los procesos geológicos, etc.).

Ejemplos de propuestas concretas de progresión adecuada, al pasar de un ciclo a otro:

- *Materiales y sus propiedades*: comenzar por diferenciar objeto y *material* del que está constituido; evolución desde la idea de *material* a la de *materia*, infiriendo que todo lo que se considera *materia* tiene unas propiedades *generales* -*masa y volumen* - a diferencia de lo que no es materia (como la luz); distinguir entre *sustancias* (con unas propiedades específicas, como densidad, temperatura de fusión, etc., que sirven para identificarlas) y *mezclas de sustancias* carentes de estas propiedades fijas, pero con la posibilidad de separarse en las *sustancias* originales. Afianzar el concepto de *sustancia* y *cambios* que no alteran su naturaleza (*cambios físicos*) antes de abordar las *reacciones químicas*; cambios donde los *reactivos* y los *productos* son *sustancias* diferentes.

- *La luz*: comenzar abordando la diferencia luz /oscuridad, poniendo el acento, inicialmente, en cómo se propaga la luz, y después acometer la formación de sombras. A continuación vendrían aspectos más complejos, como prestar atención a que la luz se refleja en cuerpos opacos y se transfiere en los transparentes, hasta llegar al estudio de fenómenos como la refracción y la dispersión.

Para todo lo que se ha dicho, no se propone que sea establecido como prescripciones obligatorias, sino como guías ilustrativas para favorecer la alfabetización científica deseable.

REFERENCIAS

- Cañal, P., Pozuelos, F. J. y Travé, G. (2005) *Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12). Descripción general y fundamentos*. Sevilla: Díada.
- Cañal, P. (2008) *Investigando los seres vivos*. Sevilla: Díada.
- Criado, A.M. y García-Carmona, A. (2011a). Las experiencias prácticas para el conocimiento del medio (natural y tecnológico) en la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 74, 73-88.
- Criado, A. M. y García-Carmona, A. (2011b). *Investigando las máquinas y artefactos*. Sevilla: Díada.
- García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2013) Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años. Un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 87-102.
- García-Carmona, A.; Criado A. M. y Cañal, (2014) ¿Qué educación científica se promueve para la etapa de primaria en España? Un análisis de las prescripciones oficiales del currículo vigente (LOE). *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 139-157.
- Couso, D., Jiménez, M. P., López-Ruiz, J., Mans, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J. M. y Sanmartí, N. (2011) *Informe Enciende (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España)*. Madrid: COSCE.
- Department For Education And Employment (Dee) (1999). Science. The National Curriculum for England. (NCE). Recuperado de: www.nc.uk.net [el 26/10/2011]
- Dolan, T. J., Nichols, B. H. y Zeidler, D. L. (2009). Using Socioscientific Issues in Primary Classrooms. *Journal of Elementary Science Education*, 21(3), 1-12.
- Eurydice (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Recuperado de: <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice> [el 19/04/2012]
- Ferran, J. (2002) *La educación comparada actual*. Madrid: Ariel
- Harlen, W. (1993) *Teaching and learning primary science*, Paul Chapman Publishing Ltd.) (2007, reimpresión) *Enseñanza aprendizaje de las ciencias*. Madrid: MEC y Morata.
- Harlen, W. (2008) Science as a key component of the primary curriculum: a rationale with policy implications. *Primary Science*, Issue 1 September 2008 ISSN 1758-7956 London: Wellcome Trust Education. Recuperado de www.wellcome.ac.uk/perspectives [el 28/03/2013]
- Osborne, J. y Dillon, J. (Coord.) (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Padilla, M. T. (2002). *Técnicas e Instrumentos para el Diagnóstico y la Evaluación Educativa*. Madrid: CCS.
- Pujol, R. M., (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Capítulo 2, pp. 45-61. Madrid: Ed. Síntesis.
- Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establezcan las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. BOE de 8 de diciembre de 2006.

- Ruddock, G. y Sainsbury, M. (2008). *Comparison of the Core Primary Curriculum in England to those of Other High performing Countries*. London, UK: National Foundation for Educational Research. Recuperado de: http://www.quebec.ca/observgo/fichiers/48461_GSE-2.pdf [el: 05/12/2012]
- Woodley, E. (2009). Practical work in school science – why is it important? *School Science for Science Education*. (ASE, Association for Science Education 91 (335) 49-50. Recuperado de: http://www.ase.org.uk/blm/ssr_dec_2009_gp.pdf [el 26/10/2011]