

Los contenidos científicos en los textos escolares para educación primaria rural colombiana

Elida Giraldo Gil ¹
Carlos Miguel Monsalve Agudelo ²

Resumen

Este artículo hace parte de un estudio sobre los contenidos científicos escolares (CCE) en las escuelas primarias rurales de Colombia. En específico, se analizan los contenidos científicos en los textos escolares que hacen parte de la propuesta curricular del modelo de escuela nueva. Se utiliza un enfoque cualitativo, mediado por el análisis de contenido de los textos escolares, para evaluar los CCE desde el nivel conceptual, las formas en que se presentan, su contribución a la formación científica de los estudiantes y las relaciones que se establecen entre ellos. Entre los resultados, se destacan la presentación de contenidos con imprecisiones o falencias en las definiciones y la poca relación entre los diferentes CCE tanto en los ámbitos intra- e intergrado como en las diferentes ciencias naturales que se enseñan en la escuela —biología, física y química—. Esto mostraría que desde el currículo hay una mirada parcializada de las ciencias naturales, la cual promueve errores conceptuales que fomentan concepciones deformadas sobre la ciencia.

Palabras clave: educación científica, currículo, contenidos científicos, educación primaria, escuela rural



¹ Universidad de Antioquia
elida.giraldo@udea.edu.co

² Universidad de Antioquia

Recibido: 28/08/2021
Revisado: 08/09/2021
Aprobado: 17/04/2022
Publicado: 17/07/2022

Para citar este artículo: Giraldo, E., & Monsalve, C. (2022). Los contenidos científicos en los textos escolares para educación primaria rural colombiana. *Praxis & Saber*, 13(33), e13209. <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n33.2022.13209>

Scientific contents in school textbooks for rural primary education in Colombia

Abstract

This article is part of a study on school science contents (SSC) in rural primary schools in Colombia. Specifically, there is an analysis of the scientific contents in school textbooks that are part of the curricular proposal of the new school model. A qualitative approach is used, through the content analysis of school textbooks, to assess SSC from the conceptual level, the ways in which they are presented, their contribution to the scientific education of students, and the connections established among them. Regarding the results, it is worth mentioning that the contents are presented with inaccuracies or shortcomings in the definitions and the poor relationship between the different SCC both at the intra- and inter-grade levels, and in terms of the different natural sciences taught at school—biology, physics, and chemistry. This would indicate that the curriculum has a biased view of the natural sciences, which promotes conceptual errors that foster distorted conceptions of science.

Keywords: science education, curriculum, scientific contents, primary education, rural school

Conteúdo científico nos livros didáticos escolares para o ensino fundamental rural na Colômbia

Resumo

Este artigo é parte de um estudo sobre os conteúdos científicos escolares (CCE) em escolas primárias rurais na Colômbia. Especificamente, são analisados os conteúdos científicos nos livros didáticos que fazem parte da proposta curricular do modelo de Escola Nova. Uma abordagem qualitativa é utilizada, mediada pela análise de conteúdo dos livros didáticos escolares, para avaliar os CCE a partir do nível conceitual, as formas como eles são apresentados, sua contribuição para a educação científica dos estudantes e as relações que são estabelecidas entre eles. Entre os resultados, destaca-se a apresentação de conteúdos com imprecisões ou deficiências nas definições e a má relação entre os diferentes CCE na mesma série escolar, bem como em séries posteriores e nas diferentes ciências naturais ensinadas na escola — biologia, física e química. Isto mostraria que o currículo tem uma visão tendenciosa das ciências naturais, o que promove erros conceituais que encorajam concepções distorcidas da ciência.

Palavras-chave: educação científica, currículo, conteúdo científico, ensino fundamental, escola rural

La educación en ciencias naturales en la actualidad necesita responder a los nuevos retos sociales, económicos, políticos, culturales y científicos, los cuales han traído consigo nuevas demandas. Esto implica una educación científica (EdC) de calidad, pensada en y para el contexto, que trascienda la concepción de *ciencia* como conocimientos teóricos y promueva el desarrollo de habilidades y actitudes para relacionarse con la naturaleza de forma consciente y responsable. En este sentido, preguntarnos por la ciencia que se enseña en la escuela es pertinente, pues, aunque se sabe del carácter cambiante de los contenidos escolares de acuerdo con propósitos sociales preestablecidos (Coll & Martín, 2006; Rué, 2002), conocer la visión de *ciencia* promovida por el currículo permite determinar no solo el propósito de su enseñanza y la selección de los contenidos, sino también la importancia del contexto donde esto ocurre.

Hay que reconocer la relevancia del contexto en la educación en ciencias y la necesidad de que las clases sean pensadas para las características culturales, sociales y lingüísticas de los estudiantes (Bonello, 2020), en especial en el sector rural de Colombia. En este contexto confluyen diferentes culturas y etnias, que configuran nuevos grupos sociales, con otras necesidades y expectativas frente a la relación con su entorno, y con nuevos retos que exigen una educación de calidad (Lozano, 2019). Para atender a estas poblaciones, se han diseñado y se han implementado diferentes modelos de educación flexible y metodologías multigrado que se acogen a la propuesta curricular nacional —*Lineamientos curriculares* (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 1998) y *Estándares básicos de competencias en el área de ciencias naturales* (MEN, 2003)—. Dentro de los modelos existentes, llama la atención el modelo de escuela nueva (ModEN), dirigido a la educación primaria rural y decretado para todo el país (MEN, 1990). Esto indica que las bases para la cultura científica y la comprensión del entorno están en dicha propuesta curricular en el sector rural de Colombia.

Pocos estudios han considerado la EdC específicamente en el sector rural. Algunos de ellos analizaron los materiales de estudio en relación con la propuesta metodológica y encontraron que hay una reproducción de conocimientos sin crítica ni creatividad, además de que se da una mayor importancia a las cartillas de estudio que a otros materiales que acompañan la propuesta (Pichardo *et al.*, 2007; Sáez & Ruiz, 2013). Por su parte, Rivera y Correa (2014), luego de analizar las visiones de la ciencia que se promueven en las escuelas primarias rurales a partir de las cartillas de aprendizaje —versión 2009—, señalan la promoción de una ciencia empírico-inductivista, atórica, acumulativa y basada en el método científico. Agregan que las actividades propuestas son mecánicas, repetitivas y dogmáticas. Por otro lado, Ruiz *et al.* (2014), al analizar los materiales instruccionales —versión 2009—, encontraron yerros conceptuales y el bajo nivel cognitivo de las actividades propuestas.

De acuerdo con estos antecedentes y al considerar la necesidad de una EdC de calidad que permita la relación con los contextos educativos, es necesario analizar la propuesta curricular del ModEN mediada por las cartillas de trabajo de los estudiantes, con el fin de determinar cuáles son los contenidos científicos escolares (CCE) que se promueven —y que serán el legado para las futuras generaciones—; es decir, cuáles son los CCE disponibles para los estudiantes, cómo se presentan y de qué manera posibilitan la comprensión del mundo y el desarrollo del pensamiento científico.

Referentes conceptuales

CCE

Los CCE son los conocimientos científicos —desde las ciencias naturales— considerados significativos para la enseñanza escolar y que pasan por un proceso de transposición didáctica, en el que se adaptan según las realidades de los contextos, las edades de los estudiantes y los propósitos sociales, culturales, políticos y económicos del país. Ahora bien, para analizar los CCE, es importante considerar los criterios de selección en las propuestas curriculares donde intervienen diferentes fuentes que deben considerarse, como la epistemológica, la sociopolítica y la psicológica, así como las apuestas sociales y los intereses y capacidades de los propios estudiantes (Vera *et al.*, 1999).

En este sentido, son diversas las propuestas en torno a la EdC que coinciden en la importancia de la contextualización del aprendizaje (Izquierdo, 2005; Pujol, 2007; Ruiz, 2018; Unesco, 2016). En esta enseñanza de ciencia contextualizada, juegan un papel muy importante los programas de ciencias y los libros de texto (Ualesi & Ward, 2018), pues determinan los propósitos educativos frente al tipo de ciencia que se desea promover, las formas en que se presentan los contenidos (Liguori & Noste, 2005) y su pertinencia según lo que ofrecen para el desarrollo del pensamiento científico. Así, algunas de las propuestas de la educación en ciencias naturales que han sido mayormente acogidas apuntan hacia la enseñanza de los CCE desde la interdisciplinariedad y la transversalidad. Otras señalan la importancia de acoger la historia y la epistemología de las ciencias como modos de conocer la naturaleza del conocimiento científico.

Duschl y Hamilton (2010) mencionan que en la EdC deben considerarse algunos dominios importantes —el cognitivo, el desarrollo psicomental y la interdisciplinariedad— y señalan la importancia de que los CCE puedan relacionarse entre sí. En esta misma línea, la Unesco (2016) destaca la importancia de una selección de contenidos a partir de temáticas generales —propuesta señalada también por Pujol (2007)— de las que se puedan desprender otros contenidos de la ciencia más específicos que posibiliten el relacionamiento con situaciones cotidianas como problemas en el ámbito de la salud personal y el bienestar social. Pujol (2007) plantea además que una ciencia para la etapa de primaria debe enseñar a pensar, a hacer, a hablar, a regular los propios aprendizajes y a trabajar en interacción. Para ello propone enseñar contenidos de hechos y conceptos, contenidos procedimentales y contenidos de actitudes, valores y normas.

Por otro lado, Bravo *et al.* (2011) mencionan la importancia de la filosofía y de la historia de las ciencias, en tanto promueven una reflexión teórica sobre qué es el conocimiento científico y cómo se elabora, además de que permiten conocer los contextos en que se construye el conocimiento y su influencia sobre este. De igual forma, Franco y Munford (2020) mencionan que “el dominio epistémico está relacionado con las oportunidades que tienen los estudiantes para utilizar criterios epistémicos que la comunidad científica utiliza para construir conocimiento” (p. 692), lo que posibilita que los estudiantes puedan generar visiones de la ciencia como construcción social y no lineal (Cabot, 2014).

La EdC en la propuesta del ModEN

El ModEN comprende: la metodología empleada, los materiales de estudio —guías de aprendizaje—, los rincones de trabajo, la biblioteca escolar, el gobierno escolar y la educación flexible (Torres, 1992). De acuerdo con Gómez (2010) y Colbert (2006), en el componente curricular, las guías de aprendizaje o cartillas —textos escolares— son de gran importancia, pues son la herramienta que sustenta la propuesta curricular, ya que son el material con el cual los estudiantes interactúan la mayor parte del tiempo escolar, en una metodología multigrado.

Cada cartilla de ciencias naturales contiene en su presentación los propósitos y métodos de la EdC —para cada grado—, los cuales se enuncian según los lineamientos y estándares del MEN (1998, 2003). Para la presentación de los contenidos, las cartillas están divididas en cuatro unidades. Cada una de estas últimas, a su vez, se divide en cinco guías de aprendizaje, en las cuales se desarrollan los diferentes contenidos y se proponen las actividades de ejercitación y evaluación. Cada guía enuncia un tema central que permite el desarrollo de diferentes conceptos científicos, los cuales pueden ser asumidos en su totalidad dentro de la misma guía —o en varias guías—.

Los CCE propuestos están enfocados desde diferentes ciencias naturales: biología, química, física, astronomía y geología. No obstante, no todas ellas tienen la misma visibilidad y tratamiento. Las cartillas están diseñadas para los grados de segundo a quinto. Los grados preescolar y primero no cuentan con cartilla de aprendizaje, pues aún no se ha adquirido un lenguaje escrito. Así mismo, de acuerdo con Colbert (2006), las guías de aprendizaje se revisan y se renuevan en un periodo no menor a seis años, por lo que la última edición de cartillas —las analizadas en este estudio— corresponden a la edición de 2015.

Metodología

En el marco de este estudio de casos de corte cualitativo, cuyo objetivo fue analizar los contenidos científicos de la propuesta curricular de ciencias naturales del ModEN, se implementó el método de análisis documental (Simons, 2011) del currículo prescrito o planeado (Marsh & Willis, 2007), materializado en las cartillas de aprendizaje de ciencias naturales. Para tal efecto, se usó la técnica del análisis de contenido (Kelly & Altbach, 2000). El corpus comprende las cuatro cartillas de ciencias naturales diseñadas por el ModEN para la educación primaria rural, de segundo a quinto grados. Luego, se seleccionaron los CCE como macrounidad de análisis. Una vez definida esta unidad, surgieron dos categorías básicas de descripción: la caracterización y la secuenciación.

- **caracterización:** comprende el nivel de complejidad de los CCE según las definiciones en las cartillas. Se establecen tres ejes: (1) contenidos con imprecisiones en su enunciación —por simplificación o errores conceptuales—, (2) contenidos sin definición y (3) contenidos que presentan definición y pueden adaptarse a diferentes situaciones.
- **secuenciación:** implica las relaciones entre los CCE y el desarrollo del pensamiento complejo. Se plantean dos tipos de secuencias: simple y compleja (Zabala, 1997; Moral & Pérez, 2009). En la primera, se asumen los contenidos solo una vez y en un orden

determinado; en la segunda, se retoman los contenidos en diferentes momentos, de acuerdo con sus diferentes niveles de profundidad.

Una vez identificadas y desarrolladas las dos categorías básicas de descripción, sigue la validación de contenido (Patton, 2014). Esta comprendió (1) una relectura por parte de los investigadores para evaluar la pertinencia de las categorías y del análisis; (2) revisión de la clasificación y el análisis por parte de expertos en el tema; y (3) comparación y contrastación del análisis con los resultados obtenidos en otras investigaciones.

Resultados y análisis

A partir de la información analizada, se presentan los resultados en dos secciones. La primera da cuenta de la caracterización de los CCE y la forma en que son presentados en las cartillas. La segunda muestra las relaciones establecidas entre los CCE de cada grado y entre grados, y su relación con los procesos de complejización del aprendizaje.

Caracterización de los CCE

Respecto al rigor científico con el que se presentan los contenidos, los ejes son:

Contenidos con imprecisiones en su enunciación —simplificación o error conceptual—. Un ejemplo de esta categoría es el contenido de *seres vivos*, uno de los más tratados en las cartillas. Para referirse a estos, se inicia desde grado segundo y se destacan algunas características que los identifican y que los distinguen de otros seres de la naturaleza (figura 1).

Se pueden observar varios asuntos. Primero, se hace alusión a seres vivos solo como plantas, animales y seres humanos, y se dejan de lado otros seres vivos. En segundo lugar, se parte del conocimiento de aquellos seres que se hacen más cercanos a los estudiantes, en una relación de lo simple a lo complejo (Liguori & Noste, 2005; Medina & Mata, 2009). Sin embargo, no resulta fácil advertir “lo complejo”. Por último, es equivocado proponer a los seres humanos como un grupo diferente a los animales, pues se clasifican en un mismo grupo de acuerdo con sus características biológicas (Curtis *et al.*, 2006), por lo que se tergiversa el contenido de clasificación de los seres vivos y se tiende a una mirada antropocentrista de las ciencias naturales.

Figura 1

Ejemplo de contenido con imprecisiones por simplificación



Nota. Tomado de *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental 2°* (Adurramán et al., 2015a, p. 12).

Así mismo, en las cartillas de tercero y quinto grados, se aborda la clasificación de los seres vivos, para lo que se alude a los reinos de la naturaleza. Un ejemplo de ello es el reino mónera (figura 2).

Figura 2

Ejemplo de contenido con imprecisiones por simplificación



Nota. Tomado de *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental 3°* (Adurramán et al., 2015b, p. 12).

En dichas definiciones los seres humanos no se clasifican en el reino animal —pero tampoco se ubican en un reino diferente—. A partir de esta clasificación, se ve que en algunos casos se nombran organismos de todos los reinos y se dan ejemplos de ellos: los reinos mónera, fungi y protista. No obstante, estos se mencionan poco y, cuando se hace, es para referirse a su carácter perjudicial o como materia prima para el ser humano, lo que enfatiza una mirada antropocentrista de las ciencias naturales y, en cierta medida, utilitaria de los demás seres vivos.

Estos son solo dos casos para ilustrar. A continuación, se presenta un inventario de los contenidos científicos encontrados en las cartillas que presentan imprecisiones y pueden tergiversar los significados (tabla 1).

Tabla 1

Contenidos con imprecisiones en su enunciación

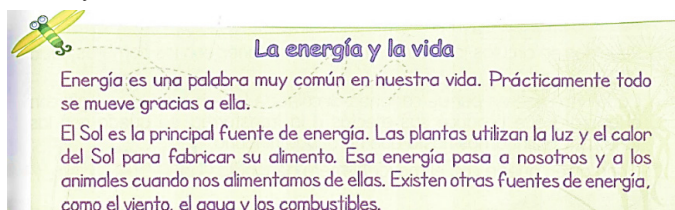
Cartilla por grado	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
CCE		Reinos de la naturaleza	Sistemas del cuerpo humano	Célula
	Seres vivos y materia inerte	Adaptaciones	Tipos de fuerza	Sistemas de organización de los seres vivos
	Clasificación de los seres vivos	Nutrición	Flujo de energía en los ecosistemas	Las drogas: prevención, causas y efectos
	Ciclo de vida	Reproducción sexual y asexual	Propiedades específicas de la materia	Átomos y moléculas
	Diferencias sexuales en seres humanos	Alimentación en plantas	Sistema solar	
	Movimiento	Ciclo del agua	Origen del universo	
		Transformaciones y usos de la energía	Energía eléctrica.	
	Relación fuerza-movimiento			
	Rapidez y velocidad			
	Fuerza de gravedad y magnetismo			

Estos contenidos escolares no permiten develar el verdadero significado de los conceptos, ya sea por la simplificación de la información o por errores conceptuales en temas como: reproducción, nutrición, fuerza de gravedad y magnetismo, entre otros, lo cual es problemático para la EdC, puesto que se promueven sesgos conceptuales que dificultan la interpretación y la explicación de diversos fenómenos cotidianos. Así mismo, dan una idea de ciencia como conjunto de conceptos y teorías, y dejan de lado aspectos tan importantes como la visibilización del contexto (Izquierdo, 2005; Ruiz, 2018) y la posibilidad de múltiples miradas en la construcción del conocimiento científico (Bravo *et al.*, 2011).

Contenidos sin definición. Un ejemplo de esta categoría es el concepto de *energía*, el cual se aborda en todos los grados, pero en ninguno de ellos se precisa una definición.

Figura 3

Ejemplo de contenido sin definición



Nota. Tomado de *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental 3°* (Adurramán *et al.*, 2015b, p. 107).

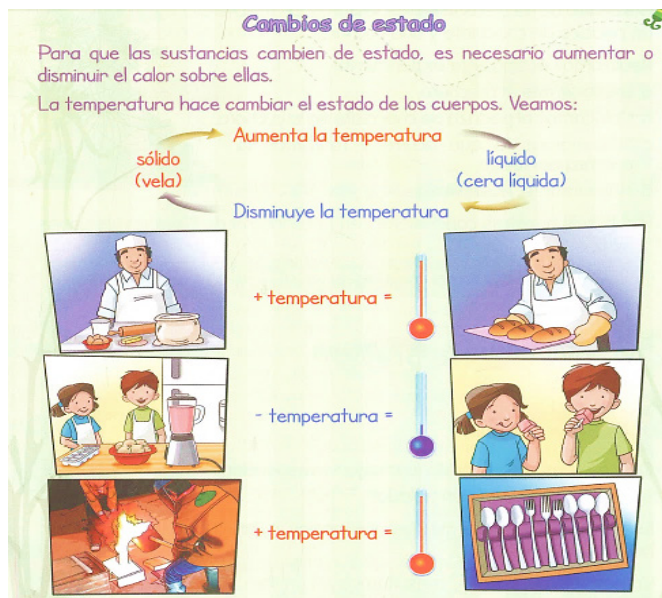
Como se observa en la figura 3, se mencionan ejemplos y situaciones como la utilización en la vida diaria del ser humano o el flujo de energía en los ecosistemas, pero no la definición del concepto. Cabe anotar que este concepto de *energía* ha sido reiteradamente señalado como problemático en análisis previos de las cartillas de ciencias naturales del ModEN —versión 2009—, dado que este concepto no logra trabajarse de forma favorable (Ruiz *et al.*, 2014). Llama la atención la prevalencia de dicha problemática, a pesar de que hay una versión revisada de las cartillas de 2015.

La misma situación se presenta con los conceptos de *calor* y *temperatura*, los cuales son abordados en las cartillas de segundo a cuarto grado, en la unidad de los contenidos de química (figura 4), sin ofrecer en ningún caso una conceptualización.

Igualmente, es evidente que se habla de ambos conceptos desde el trabajo procedimental. Además, varias de las actividades utilizan para referirse, por ejemplo, a los cambios de estado un aumento o disminución, en algunos casos de temperatura y en otros de calor —de forma indiscriminada—, sin establecer diferencias o similitudes entre ambos conceptos desde perspectivas químicas o físicas. La falta de diferenciación entre ambos conceptos ha sido declarada por otros autores como uno de los mayores inconvenientes en la educación en ciencias naturales en secundaria (Chao & Barriga, 2014). Por ello, se podría decir que en la educación primaria —en el ModEN— los conceptos se utilizan indiscriminadamente sin sustentar su base teórica, lo que propicia su errónea interpretación.

En este análisis, hay otros contenidos científicos que también carecen de una conceptualización (tabla 2).

Figura 4
Ejemplo de contenido sin definición



Nota. Tomado de *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental 2º* (Adurramán et al., 2015a, p. 147).

Tabla 2
Contenidos sin definición

Cartilla por grado	Segundo	Tercero	Cuarto
	Fuerza	Sistema solar	Máquinas simples
CCE	Desplazamiento	Fuerza magnética	
	Calor y temperatura		
	Cambios de estado de la materia		


La ausencia de definición de los CCE sesga su interpretación, pues su aprendizaje quedará supeditado a los meros ejemplos que se enuncian. Los estudiantes podrían presentar inconvenientes al utilizar dichos contenidos en la interpretación de fenómenos diferentes a los expuestos en las cartillas, lo cual impediría un relacionamiento de la ciencia escolar con las diversas situaciones cotidianas (Izquierdo, 2005; Ruiz, 2018).

Contenidos que presentan definición y pueden adaptarse a diferentes situaciones. Aquí se puede señalar un ejemplo de los más completos sobre el buen manejo del concepto de *materia* y las propiedades que asume: masa, peso, volumen, densidad, entre otras. En este caso, se nota el desarrollo del contenido de forma oportuna, dado que para cada uno de los conceptos ofrece una definición clara y relacionada con los demás. Por ejemplo, desde grado segundo se aborda la definición de *materia* y las propiedades que la identifican. Así, se presentan inicialmente las definiciones de *masa* y *volumen*. A medida que se avanza en los grados hasta llegar a quinto, se desarrollan los demás conceptos que hacen parte del contenido de *materia* y se van relacionando con los trabajados en grados anteriores —aunque no de forma explícita—.

La cartilla no se queda solo en las definiciones conceptuales. Mediante las actividades, busca la comprensión de dichos conceptos desde su carácter procedimental y actitudinal, y establece una relación con asuntos que permiten pensar la forma en que son usados en el día a día. Esto puede observarse en la figura 5, donde, luego de abordar los conceptos de *masa* y *volumen* y de plantear actividades relacionadas con su medición, se proponen trabajos que llevan a la relación con actividades diarias.

Figura 5

Ejemplo de contenido presentado favorablemente



1. Hago una lista de los materiales que utiliza mi familia para su trabajo y compruebo que tienen masa, peso y volumen.

2. Explico a mi familia las diferencias entre masa y peso.

3. Visito una tienda de mi comunidad y observo:

- a. Los instrumentos con que miden la masa y el volumen de los productos que allí se venden.
- b. Los empaques de algunos productos. Miro en la etiqueta el peso o el volumen de lo que contienen.

Nota. Tomado de *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental 4°* (Adurramán et al., 2015c, p. 101).

De igual forma, existen otros CCE abordados de forma favorable desde su conceptualización, desarrollo de habilidades y relación contextual (tabla 3).

Tabla 3

Contenidos con definición y tratamiento favorables

Cartilla por grado	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
CCE	Clasificación plantas y animales —hábitats, morfología—	Adaptaciones de las plantas	Sistemas de organización de los seres vivos	Organismos unicelulares y pluricelulares
	Partes del cuerpo humano	Clasificación animales —alimentación—	Suelo: componentes y erosión	Reinos de la naturaleza
	Desplazamiento en animales: órganos de locomoción	Clasificación alimentos	Manejo de residuos sólidos	Sistemas: nervioso, endocrino y reproductor
	Fuentes de luz y calor	Reproducción en animales	Propiedades generales de la materia	Reproducción humana
	Propiedades de la materia: volumen y masa	Herencia	Unidades y patrones de medida	Las vacunas
	Unidades de medida —volumen y masa—	Propiedades de la materia	Cambios físicos y químicos	Capas internas y externas de la tierra
	Estados de la materia	Fuentes y propagación de luz y sonido	Ciclo del agua	Tipos de ecosistemas
		Movimientos de la tierra	Medición del tiempo	Adaptaciones de los seres vivos
		Palancas	Efecto invernadero y cambio climático	
			Materia	
			Sustancias puras y mezclas	
			Separación de mezclas	
			La electricidad: corriente eléctrica	
			Circuito eléctrico	

En general, este tipo de contenidos, además de contar con una definición precisa, buscan su relacionamiento con situaciones cercanas a los estudiantes. También resultan pertinentes dentro de la EdC, en tanto buscan alcanzar los propósitos establecidos desde las políticas educativas nacionales que apuntan hacia una EdC que permita a los estudiantes interpretar su contexto y aportar a él (MEN, 1998). Además, de acuerdo con el trabajo autónomo que demanda el ModEN, es necesario que los libros de texto posibiliten dicho relacionamiento (Ualesi & Ward, 2018).

Secuenciación

La secuenciación tiene que ver con los diferentes niveles de complejización de los conceptos o CCE, los cuales pueden ser simples o complejos (Moral & Pérez, 2009; Zabala, 1997). Así, el contenido sobre las propiedades de la materia, abordado de forma muy favorable, también presenta una secuencia compleja (figura 6).

El contenido es abordado durante todos los grados. Se inicia en segundo con la definición de *materia* y se retoma en los siguientes grados para profundizar en sus propiedades y en su composición. En cada grado, se asumen nuevas perspectivas del contenido para conocer sus definiciones y las posibilidades de aplicación en la vida cotidiana.

Figura 6

Ejemplo de secuenciación compleja

Segundo **La materia**

La materia es todo aquello de lo que están hechas las cosas. Los árboles, las rocas, el aire, las nubes y nuestro cuerpo están conformados por **materia**. Todos los objetos tienen dos propiedades generales, masa y volumen. La **masa** es la cantidad de materia que tiene un cuerpo, y **volumen** es el espacio que ocupa.

Tercero **La materia y sus propiedades**

Lo que observamos y encontramos a nuestro alrededor; incluso nosotros mismos, estamos compuestos por diversas sustancias que constituyen la **materia**. Entonces, podemos decir que la **materia** es todo aquello de lo que están hechas las cosas y los seres vivos. Gracias a nuestros sentidos, podemos percibir las características que presenta la materia, como: tamaño, color, sabor, olor, forma y textura, entre otras. A estas características las llamamos **propiedades de la materia**. También la materia tiene otras propiedades que se pueden medir; como son la **masa** y el **volumen**.

Masa
La masa es la cantidad de materia que tiene cada objeto o sustancia y se mide con una balanza o una báscula.

Volumen
El volumen es la cantidad de espacio que ocupa una sustancia o un objeto.

Quinto **La materia está formada por átomos**

Los objetos, los animales y nosotros mismos estamos constituidos por **materia**. La **materia** es aquello que integra cada uno de las cosas. Es todo lo que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio. La materia, a su vez, está formada por partículas muy pequeñas llamadas **átomos**. Un átomo, aunque sea muy pequeño, está constituido por núcleo y corteza. En el núcleo se encuentran los **protones** con carga eléctrica positiva y los **neutrones**, sin carga. En la corteza giran otras partículas llamadas **electrones** con carga eléctrica negativa. Cuando se unen átomos de diferentes elementos, forman las **moléculas**.

Las baterías de los celulares están hechas de litio.

electrón (-)
protón (+)
neutrón

Átomo de litio

Cuarto **¿Qué son la masa y el peso?**

Todos las cosas están hechas de materia. La cantidad de materia que integra un cuerpo constituye su masa.

La masa de un cuerpo es siempre la misma, aunque cambie de forma o de lugar.

Las unidades de medida más comunes para medir la masa son: el gramo (g), el kilogramo (kg), la libra (lb) y la arroba (@).

Todos los objetos son atraídos por la Tierra. La fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos se denomina **peso**. El peso, a diferencia de la masa, varía. El instrumento utilizado para medir el peso es el **dinamómetro**.

Nota. Tomado de Adurramán *et al.* (2015a, p. 124; 2015b, p. 88; 2015c, p. 91; 2015d, p. 137).

Tal como ocurre con este contenido, se encuentran otros que son retomados en diferentes grados y que, de acuerdo con la forma en que se presentan —conceptualización y actividades teórico-prácticas—, permiten observar cierta profundización según los niveles de complejidad y la relación con otros contenidos y/o conceptos. Se destaca *el ciclo del agua*, trabajado en segundo, tercero y cuarto grados (figura 7).

Figura 7

Ejemplo de secuenciación compleja



Nota. Tomado de Adurramán *et al.* (2015a, p. 151; 2015c, p. 127).

La secuencia empieza con la presentación del recorrido del agua en el planeta y termina al destacar la importancia de los seres vivos y los factores ambientales en el normal desarrollo del ciclo. Se plantean además reflexiones acerca de cómo algunas acciones humanas interfieren en dicho proceso y afectan notoriamente la vida en el planeta.

Tabla 4

Magnitudes físicas grados segundo, tercero y cuarto

Grado	Magnitudes físicas	Unidades de medida	Instrumentos de medida
Segundo	Masa	Gramo (g), libra, (lb) kilogramo (kg)	Balanza
	Volumen	metros cúbicos (m ³)	
Tercero	Masa	Gramos (g)	Balanza,
	Líquidos	Onzas (oz)	
	Volumen	Metro (m) kilómetros (km)	Biberón, gotero
	Distancia	Segundos (s) horas (h)	Metro
	Tiempo	m/s, km/h	Cronómetro
	Velocidad		
Cuarto	Masa	Gramo (g), kilogramo (kg), libra (lb) arroba (@)	Balanza
	Peso	Centímetros cúbicos (cm ³), litro (l), metros cúbicos (m ³)	Dinamómetro
	Volumen		Jeringa, beaker, biberón, gotero
	Densidad	g/cm ³	

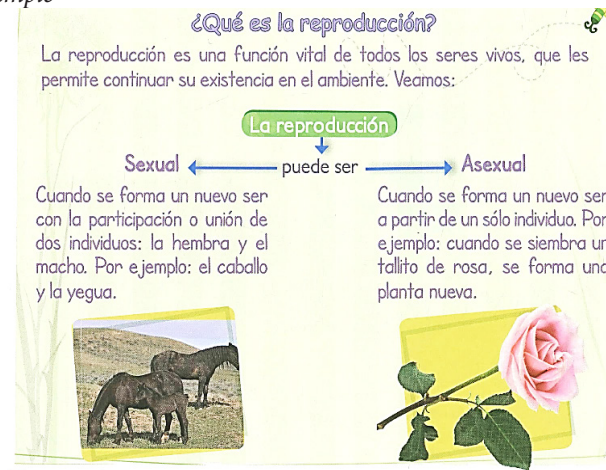
Nota. Adaptada de Adurramán *et al.* (2015a, 2015b, 2015c).

Si bien, muchos de los contenidos científicos abordados en las cartillas del ModEN presentan una secuencia compleja —flujo de energía en los ecosistemas, palancas, adaptaciones de los seres vivos—, se resalta que otros conceptos interconectados con estos y que son fundamentales para su interpretación no se presentan como parte de la secuencia, lo que los hace parecer como “islas” en las cartillas. Un caso específico es el contenido de unidades de medida, el cual se aborda principalmente en las unidades referidas a conceptos químicos y físicos (tabla 4).

En el caso de *unidades fundamentales* —masa, peso, volumen, tiempo y distancia—, mencionan los instrumentos para medirlas —proponen algunos ejemplos de ello—, pero no mencionan qué es *medición* ni establecen relaciones entre las unidades de medida. En este sentido, hay una secuenciación simple del contenido de unidades de medida. Algo similar ocurre con el contenido de *reproducción*, el cual se aborda en los grados tercero y quinto (figura 8).

Figura 8

Ejemplo de secuenciación simple



Nota. Tomado de *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental* (Adurramán et al., 2015b, p. 68).

En grado tercero, se hace una mención somera de lo que es la reproducción sexual y asexual, explicadas a través de un ejemplo, pero cuando se aborda en grado quinto, solo se hace referencia a la reproducción sexual, la cual es asumida desde la reproducción en animales, y se obvian los procesos de reproducción en los demás seres vivos. Además, la forma en que se asume la reproducción asexual puede conducir a errores de interpretación y apropiación del contenido por parte de los estudiantes, pues se postula como ejemplo la rosa desde un modo de reproducción asexual artificial —estaca—, pero no se menciona que puede tener también una reproducción sexual de forma natural.

Esta forma de secuencia simple no permite establecer relaciones con otros contenidos trabajados, por lo que sugerirían una ciencia meramente conceptual y fragmentada, aspectos revaluados en la educación de las ciencias naturales, pues no permiten la complejización del conocimiento científico ni la posibilidad de establecer relaciones con otros contenidos o con el contexto y la cotidianidad.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede señalar un tratamiento adecuado en una parte considerable de los contenidos propuestos, pero un nivel bajo de profundidad, asunto señalado por Ruiz *et al.* (2014) y Rivera y Correa (2014), que se debió a errores por simplificación en las definiciones. Esto representa una similitud en algunos aspectos críticos entre el trabajo de Ruiz *et al.* (2014) y esta investigación, como el tratamiento de los conceptos de *energía* y *sangre*, cuyas definiciones sesgadas desorientan su significado e impiden el relacionamiento con otros contenidos.

Además de los hallazgos coincidentes con los otros estudios, es importante mencionar que el bajo nivel de profundidad de los contenidos se ve influenciado por la falta de relaciones interdisciplinarias. Aunque las cartillas de ciencias naturales establecen unas relaciones interdisciplinarias entre las diferentes ciencias a partir de la presentación de temas generales, su desarrollo muestra, en varios casos, una parcialización de las ciencias, al no profundizar en dichas relaciones a partir de los vínculos conceptuales en la explicación de fenómenos. La falta de relaciones interdisciplinarias no coincide con el objetivo de la educación en ciencias naturales establecido desde los lineamientos y estándares del MEN (1998, 2003). Esto puede deberse a que, si bien las cartillas se desarrollan a partir de temas centrales, en ningún momento son presentados ni se constituyen en un problema que requiera de múltiples miradas en la búsqueda de su solución, tal como sugiere Pujol (2007).

La falta de relaciones interdisciplinarias se evidencia también en las pocas relaciones directas que establecen las cartillas de aprendizaje entre los contenidos científicos intra- e intergrado, por lo que varios de estos contenidos son vistos como “islas”, lo que impide una educación secuencial y con una complejización del aprendizaje, con miras al desarrollo de un pensamiento científico que propicie la apropiación de los contenidos científicos en la explicación de situaciones cotidianas (Duschl & Hamilton, 2010).

Por otro lado, además de los tratamientos superficiales de conceptos, se devela el uso limitado de ejemplos que los describen, los cuales en algunas ocasiones fungen como la explicación misma. Esto restringe entonces la utilización de algunos conceptos solo a la explicación de fenómenos determinados e impide su uso en la explicación de otros fenómenos que pueden demandar de ellos.

Otro aspecto importante, que coincide con el trabajo de Rivera y Correa (2014), es la presentación de contenidos como verdades absolutas, pues solo hay una definición de cada concepto, sin mencionar cómo se llegó a ella o si existen o han existido otras que intenten explicar el mismo fenómeno. Se presenta una concepción de la ciencia como acumulación del conocimiento y lejos de procesos de crisis dentro de su construcción, situación que desestima la importancia de la historia y de la epistemología de las ciencias como alternativa en pos del reconocimiento de la naturaleza del conocimiento científico (Bravo *et al.*, 2001; Franco & Munford, 2020).

Por último, es oportuno precisar que, aunque algunas actividades —en teoría— involucran a las familias y el entorno dentro del proceso de aprendizaje, la contextualización de la educación en ciencias no suele considerar aspectos propios de cada comunidad, por lo que la ciencia

escolar sigue siendo concebida como un aprendizaje que solo tendrá utilidad en el ámbito escolar. Con esto, se potencia la idea de una EdC propedéutica y se desconocen las nuevas tendencias del carácter social y contextual de la educación en ciencias naturales.

Consideraciones finales

Las implicaciones que se derivan de este análisis no son menores, pues siguen demandando retos para el diseño y la implementación de las propuestas curriculares de ciencias naturales, así como para su educación, su enseñanza y el uso de textos escolares y materiales de apoyo. Esto se agudiza aún más si se trata, como es el caso colombiano, de la EdC inicial en contextos rurales, donde la población tiene menos acceso a recursos y donde, en ocasiones, el nivel máximo de escolaridad es la educación primaria.

En este sentido, hay que llamar la atención sobre la necesidad de promover propuestas curriculares y textos escolares que propicien las relaciones entre contenidos y entre disciplinas, los cuales favorezcan el abordaje y la explicación de fenómenos específicos. Esto conllevaría promover actividades y construcciones para que los estudiantes establezcan sus propios interrogantes frente al conocimiento que está siendo elaborado y frente a su medio. Se debe evitar, por ejemplo, el uso de preguntas cerradas que indaguen por definiciones precisas o tareas que inviten solamente a seguir instrucciones. Esto favorecerá las relaciones directas entre contenidos científicos —intra- e intergrado— que promuevan una concepción de ciencia relacional para afrontar las problemáticas sociocientíficas no solo propuestas en las cartillas, sino también aquellas que surgen en la cotidianidad.

Asimismo, es fundamental revisar los contenidos científicos seleccionados, su presentación y su despliegue, con el fin de evitar sesgos teóricos y procedimentales, imprecisiones y ausencia de definiciones.

Finalmente, es necesario revisar la visión de ciencia como cúmulo de conocimientos que desconoce los procesos de construcción y mediar por el cuestionamiento y la interpretación de los fenómenos que se presentan alrededor. En este sentido, es primordial evitar tensiones entre la ciencia contextual planteada retóricamente por la propuesta curricular —en los textos escolares— y la propuesta generalista que estos mismos promueven en la práctica.

Desde este punto de vista, los hallazgos presentados pueden contribuir a la revisión y reestructuración de la forma como se presentan los contenidos científicos —conceptuales— en la propuesta curricular del área de ciencias naturales para las escuelas primarias rurales, para una mayor cohesión entre estos y con las realidades de los estudiantes. Así mismo, se dan algunas luces frente a la importancia de considerar una propuesta curricular desde una postura crítica, que posibilite la participación de la comunidad educativa en la construcción de sus currículos, así como la promoción de visiones de ciencias más acordes con los postulados que se asumen en la actualidad sobre EdC.

Referencias

Adurramán, W., Aldana, L., & Sánchez, L. (2015a). *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental* 2°. Fundación Escuela Nueva Volvamos a la Gente.

- Adurramán, W., Aldana, L., & Sánchez, L. (2015b). *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental* 3°. Fundación Escuela Nueva Volvamos a la Gente.
- Adurramán, W., Aldana, L., & Sánchez, L. (2015c). *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental* 4°. Fundación Escuela Nueva Volvamos a la Gente.
- Adurramán, W., Aldana, L., & Sánchez, L. (2015d). *Cartilla de ciencias naturales y educación ambiental* 5°. Fundación Escuela Nueva Volvamos a la Gente.
- Bonello, C. (2020). Teaching science in multilingual contexts: an exploratory study into the experiences and insights of Maltese science teachers as they learn about teaching in multilingual scenarios. *International Journal of Science*, 42(14), 2407-2425. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1725173>
- Bravo, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez, M., Izquierdo, M., & Sanmartí, N. (2011). *Las ciencias naturales en educación básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI*. Secretaría de Educación Pública.
- Cabot, E. (2014). Una aproximación a la concepción de ciencia en la contemporaneidad desde la perspectiva de la educación científica. *Ciencia y Educación*, 20(3), 549-569.
- Chao, C., & Barriga, F. (2014). Análisis comparativo del aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura utilizando una simulación digital interactiva y un texto ilustrado. *Revista Electrónica de Investigación en Educación de la Ciencias*, 9(1), 40-53.
- Colbert, V. (2006). Mejorar la calidad de la educación en escuelas de bajos recursos. El caso de la Escuela Nueva en Colombia. *Revista Colombiana de Educación*, 51, 186-212.
- Coll, C., & Martin, E. (2006). Vigencia del debate curricular. *Prelac*, 3, 6-27.
- Curtis, H., Barnes, N., Schnek, A., & Flores, G. (2006). *Invitación a la Biología* (6ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Duschl, R., & Hamilton, R. (2010). Learning Science. En R. Mayer & P. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instrucción* (pp. 78-107). Routledge.
- Franco, L., & Munford, D. (2020). O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20, 687-719. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>
- Gómez, V. (2010). Una visión crítica sobre la Escuela Nueva de Colombia. *Revista Educación y Pedagogía*, 7(14-15), 280-306.
- Izquierdo, M. (2005). Nuevos contenidos para una nueva época: Aportaciones de la didáctica de las ciencias al diseño de las nuevas 'ciencias para la ciudadanía'. En *Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física 2005*. Sociedade Brasileira de Física. <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/Nuevoscontenidosmerce.pdf>
- Kelly, G., & Altbach, P. (2000). La educación comparada: desafíos y respuestas. En J. Calderón (Coord.), *Teoría y desarrollo de la investigación en educación comparada* (pp. 171-174). CREFAL/UPN Zacatecas.
- Liguori, L., & Noste, M. (2005). *Didáctica de las Ciencias Naturales. Enseñar a enseñar ciencias naturales*. Homo Sapiens.

- Lozano, D. (2019). Calidad educativa y cumplimiento del derecho a la educación de la población rural colombiana. *Revista de la Universidad de La Salle*, (79), 41-66. <https://doi.org/10.19052/ruls.vol1.iss79.3>
- Marsh, C., & Willis, G. (2007). *Currículum. Alternative approaches, ongoing issues* (4ª ed.). Pearson Merrill Prentice Hall.
- Medina, A., & Mata, F. (2009). *Didáctica General* (2ª ed.). Pearson Prentice Hall.
- Ministerio de Educación Nacional. (1990, julio 11). Decreto N° 1490. Metodología Escuela Nueva. Diario Oficial N° 39461.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos curriculares de ciencias naturales y educación ambiental*. http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2003). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y educación ambiental*. <http://www.eduteka.org/pdfdir/MENEstandaresLenguaje2003.pdf>
- Moral, C., & Pérez, M. (2009). *Didáctica, teoría y práctica de la enseñanza*. Pirámide.
- Patton, M. (2014). *Qualitative Research & Evaluation Methods: Integrating Theory and Practice*. Sage.
- Pichardo, C., Hernández, M., & Lezama, K. (2007). *Propuesta para mejorar la metodología que se utiliza en el área de ciencias naturales en la modalidad de multigrado en los alumnos de 5° grado de la escuela Emperatriz Pineda de la Comarca Chacraseca* [Monografía de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4574/1/204317.pdf>
- Pujol, R. (2007). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Síntesis.
- Rivera, A., & Correa, E. (2014). *Análisis de las guías de aprendizaje del programa Escuela Nueva: una mirada a la propuesta de enseñanza a la luz de los retos de educación en ciencias* [Tesis de Maestría, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/29007/1/RiveraArnedis_2014_AnalisisAprendizajeNaturales.pdf
- Rué, J. (2002). Aulas homogéneas: ¿para qué? *Aula de Innovación Educativa*, 116, 29-34.
- Ruiz, M., Heller, M., Furman, M., & Solano, G. (2014). *Evaluación de los materiales instruccionales de ciencias de los modelos educativos flexibles en zonas rurales* [Reporte técnico presentado al Ministerio de Educación Nacional de Colombia]. <https://dokumen.tips/documents/de-instruccionales-de-ciencias-de-los-modelos-evaluacion-de-los-materiales.html?page=1>
- Ruiz, S. (2018). Didáctica de las ciencias desde la diversidad cultural y ambiental: aportes para un currículo contextualizado. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 13(2), 291-305.
- Sáez, J., & Ruiz, J. (2013). Enseñanza de las ciencias, tecnología educativa y escuela rural: un estudio de casos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 45- 61.
- Simons, H. (2011). *El estudio de caso: teoría y práctica*. Morata.
- Torres, R. (1992). Alternativas dentro de la educación formal: el programa Escuela Nueva de Colombia. *Perspectivas*, (84). https://www.researchgate.net/publication/265356097_ALTERNATIVAS_DENTRO_DE_LA_EDUCACION_FORMAL_EL_PROGRAMA_ESCUELA_NUEVA_DE_COLOMBIA_1
- Ualesi, Y., & Ward, G. (2018). Teachers' Attitudes Toward Teaching Science in a New Zealand Intermediate School. *Australian Journal of Teacher Education*, 43(6), 35-49. <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2018v43n6.3>

- Unesco. (2016). *Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales. Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (TERCE)*. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/673245/REICE_14_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vera, J., García, A., Peña, J., & Gallardo, B. (1999). Criterios de selección de contenidos del currículum. *Teoría de la Educación*, 11, 13-52.
- Zabala, M. (1997). *Diseño y desarrollo curricular* (7ª ed.). Narcea.