



CONTENIDO CONCEPTUAL Y ARGUMENTACIÓN: ANÁLISIS DE LA PRESENTACIÓN DEL MODELO DE PARTÍCULAS EN UN LIBRO DE TEXTO DE SECUNDARIA

José Luis Blancas Hernández
Departamento de Investigaciones Educativas, Cinvestav

María Teresa Guerra Ramos
Cinvestav-Unidad Monterrey

Área temática: A.6 Educación en campos disciplinares.

Línea temática: 3. El desarrollo curricular, la innovación educativa, el diseño y evaluación de materiales educativos y los procesos de evaluación en los diferentes campos de saber disciplinar.

Tipo de ponencia: Reportes parciales de investigación.

Resumen:

Presentamos los resultados de un análisis cualitativo en torno a la argumentación de los contenidos propuestos en un libro de texto de ciencias para educación secundaria. En este análisis, retomamos categorías y aspectos señalados en la literatura para identificar los componentes del argumento sobre el modelo de partículas presentes en el libro de texto. Posteriormente, valoramos la estructura argumentativa considerando la frecuencia, concordancia y relevancia de los distintos elementos que la integran. Partimos de reconocer que la presentación de contenidos en los libros de texto son ejemplos clave de estructura argumentativa que tienen una influencia profunda en el discurso de la ciencia escolar. El planteamiento del conocimiento científico con base en argumentos y evidencias se contrapone al planteamiento del mismo como verdades absolutas e incuestionables. Los resultados del análisis indican que la identificación de los distintos componentes que estructuran el argumento en el contenido del libro de texto no es inmediata ni lineal. Si bien la argumentación en torno al modelo de partículas presenta una estructura completa y tiene un valor aceptable, en términos de conocimiento científico se queda en un mismo nivel de conocimiento básico. A partir de estos resultados, consideramos que los estudiantes de secundaria difícilmente podrían valorar diferentes modelos explicativos que conducen a una conclusión adecuada a las pruebas. Discutimos los en términos de aspectos que se podrían incorporar en el diseño y elaboración de libros de texto para promover la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como un discurso argumentado.

Palabras clave: argumentación, contenidos conceptuales, libros de texto, enseñanza de las ciencias, análisis del discurso.

Introducción

En la *Didáctica de las Ciencias* (DC) se reconoce que el aprendizaje de las ciencias implica que los estudiantes construyan modelos que les permitan interpretar los fenómenos cotidianos (Sanmartí, 2002). Estos modelos integran un conjunto de ideas relacionadas para explicar hechos o fenómenos, se expresan de diversas formas y en diversos lenguajes y permiten hacer predicciones o tomar decisiones. Para construir modelos explicativos y operar con ellos es necesario que los alumnos no sólo aprendan los conceptos implicados, sino también que desarrollen la capacidad de argumentar (Osborne, 2010).

En este sentido, promover la argumentación en clases de ciencias es fundamental para que los estudiantes sean capaces de elegir el mejor modelo entre distintas opciones y justificar los criterios que conducen a esa elección. El interés por promover la argumentación como parte de la educación científica es evidente en documentos internacionales de política educativa, en los fundamentos de algunas evaluaciones internacionales (p.e. TIMMS y PISA), en las directrices curriculares de algunos países y en la extensa investigación que se ha generado (Erduran y Jiménez, 2007; Khine, 2012). Las líneas de investigación en torno a la argumentación pueden dividirse en los siguientes tipos de estudios:

- a. Los que se centran en el discurso natural de las clases para identificar cómo se configura la argumentación en la ciencia escolar (p.e. Candela, 1999; Newton, Driver y Osborne, 1999).
- b. Los que proponen actividades didácticas para implicar a los estudiantes en procesos de argumentación (p.e. Jiménez, Bugallo y Duschl, 2000; Osborne, Simon y Erduran, 2004).
- c. Los que valoran la capacidad argumentativa de los individuos en torno a cuestiones científicas o sociocientíficas (p.e. Sadler y Donnelly, 2006).
- d. Los que promueven el desarrollo profesional de los docentes para fomentar en las aulas la argumentación de forma sistemática y estructurada (p.e. Ruiz, Márquez y Tamayo, 2014).

La diversidad de aspectos estudiados en torno a la argumentación refleja las distintas preocupaciones de los especialistas en la DC. Sin embargo, el análisis de la argumentación de los contenidos propuestos en los libros de texto es un aspecto que requiere de mayor atención, particularmente de aquellos que guardan relación con determinados modelos teóricos. En esta línea, algunos estudios han señalado que, usualmente, los contenidos científicos se presentan en los libros de texto como una serie de hechos acabados, sin posibilidades de discusión, con fundamentaciones sencillas y sin una clara estructura argumentativa (Álvarez, 1997; Jiménez, Álvarez y Lago, 2005).

A nivel internacional, el análisis de los libros de texto de ciencias ha sido objeto de estudio desde diferentes aproximaciones y finalidades (Occeci y Valeiras, 2013). Dada la centralidad de los libros de texto en las prácticas de enseñanza y la importancia atribuida a la argumentación, en este trabajo presentamos un

análisis en torno a la argumentación sobre los contenidos propuestos en dichos materiales. Partimos de reconocer que un análisis de la estructura y calidad argumentativa de los contenidos de los libros de texto contribuye a contrarrestar la percepción que se tiene de ellos como fuentes incuestionables de saber.

De manera particular, en este trabajo presentamos el análisis de la argumentación de un libro de texto de ciencias para educación secundaria sobre el modelo de partículas, correspondiente a la asignatura Ciencias II (Física). En términos generales, este modelo permite explicar que la materia está formada por partículas que están en constante movimiento; debido a la temperatura y presión, las partículas tienden a alejarse o acercarse, lo que origina que la materia cambie su estado. Las preguntas que orientaron el análisis fueron: ¿qué pautas de argumentación aparecen en el libro de texto con respecto al modelo de partículas?, ¿qué componentes de un argumento aparecen en el libro de texto?, ¿qué calidad presenta la argumentación en el libro de texto?

Marco de referencia

La argumentación en ciencias

La ciencia es una actividad humana que, mediante una labor multifacética, construye conocimientos para interpretar teóricamente los hechos del mundo y actuar sobre ellos (Ziman, 2003). La argumentación es un recurso retórico que los científicos utilizan para defender sus ideas, las formas en que recopilan datos sobre los hechos o fenómenos o las interpretaciones que hacen sobre ellos. En respuesta, otros científicos intentan identificar debilidades y limitaciones a estas ideas usualmente en discusiones de laboratorio, congresos, revisión de artículos o reportes de investigación, entre otras actividades. Con el tiempo, las ideas que sobreviven a la revisión crítica logran la aceptación consensuada dentro de la comunidad científica y, mediante el discurso y el argumento, la ciencia mantiene su objetividad (Giere, 1992).

La ciencia se distingue de otras áreas de conocimiento por su compromiso con la evidencia como base de la creencia justificada sobre las causas materiales y los medios racionales. La argumentación es un proceso inherente a la construcción del conocimiento, permite conectar el trabajo de indagación científica con el trabajo intelectual vinculado al desarrollo, evaluación y comunicación de las ideas científicas (Latour y Woolgar, 2007). Las personas dedicadas a la ciencia se apoyan en la argumentación para construir, comunicar y criticar afirmaciones y su relación con la evidencia de respaldo para persuadir a otros de su validez o no. En la ciencia escolar, y mediante una transposición didáctica, constantemente se alude a las grandes ideas de la ciencia que son el resultado de esta compleja actividad científica.

Sin embargo, en las clases de ciencias se tiende a presentar el conocimiento científico como una declaración de hechos cuyas justificaciones dependen de la confianza de lo que dice el profesor o el libro de texto (Newton, Driver y Osborne, 1999). En consecuencia, la ciencia se muestra como un cuerpo acabado de conocimientos que actúa como un discurso autoritario en el que está ausente la discusión sobre las

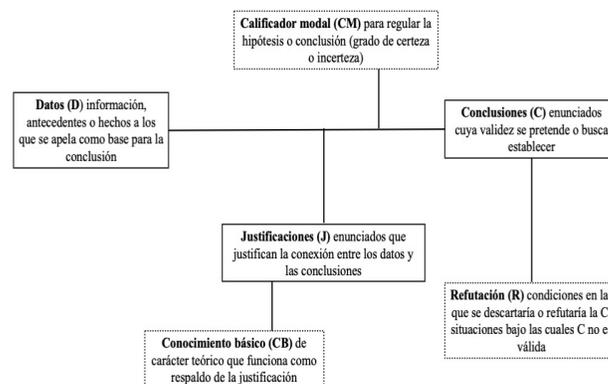
evidencias o cómo éstas justifican las creencias. Esto puede derivar que los estudiantes construyan ideas simplistas sobre la ciencia, conceptos científicos erróneos, actitudes negativas hacia las ciencias o habilidades insuficientes para valorar posiciones alternativas, emitir juicios o tomar decisiones (Osborne et al., 2003). Por ello, es importante que en las clases de ciencias se promueva no sólo el aprendizaje del conocimiento científico, sino también cómo sabemos lo que sabemos y cómo surgió ese conocimiento.

El patrón de argumento de Toulmin

En este trabajo nos apoyamos en la propuesta teórica de Stephen Toulmin (2007) respecto a la argumentación. Toulmin se interesa por los “argumentos sustantivos”, aquellos que son examinados atendiendo más a su contenido que a su forma o estructura lógica. Un argumento refiere a los discursos que los sujetos construyen cuando justifican sus conclusiones a partir de suposiciones o respaldos teóricos; la argumentación es el proceso de construcción de esos discursos. La elección colectiva de una idea teórica o la sustitución de una por otra se explica por la interrelación entre los objetivos intelectuales de la disciplina o campo, los problemas que pretende resolver y la aplicación de ciertos elementos de juicio o criterios de elección. En este proceso de elección colectiva hay un razonamiento lógico que no sigue los mismos criterios que la lógica formal. Por tanto, la argumentación es un proceso dialógico que tiene como fin servir a una función retórica de persuadir de la validez de ciertas ideas de los individuos.

La propuesta de Toulmin (figura 1) estructura un argumento en términos de un conjunto interconectado de conclusiones (C), datos (D), justificaciones (J) que proporcionan un enlace entre los datos y la conclusión, conocimientos básicos (CB) de carácter teórico que refuerzan la justificación y refutaciones (R) que apuntan a las circunstancias extraordinarias o excepcionales bajo las cuales la conclusión no sería cierta. Una conclusión consiste en una afirmación presentada públicamente para su aceptación general. Los datos son los hechos o fenómenos a los que se apela como base para la conclusión; pueden ser suministrados u obtenidos de forma empírica o ideas de carácter hipotético. Los calificadores modales (CM) son elementos que permiten mostrar qué grado de confianza tienen las conclusiones dados los argumentos disponibles para respaldarlas.

Figura 1: Patrón de argumento de Toulmin



Fuente: Toulmin (2007)

Osborne, Simon y Erduran (2004) consideran que los planteamientos de Toulmin permiten valorar la calidad de un argumento en términos de los componentes que están presentes o ausentes en el discurso. Al respecto, proponen una escala (tabla 1) para valorar la argumentación según cinco niveles, que van desde la más básica (nivel 1), hasta la más sofisticada (nivel 5). Esta escala se ha utilizado en distintas investigaciones para valorar los argumentos elaborados por estudiantes o profesores. En nuestro caso, consideramos que también puede ser útil para valorar la argumentación en torno a un contenido científico presente en los libros de texto.

Tabla 1: Niveles de argumentación

Nivel	Descripción
1	Argumentación en la que los argumentos son únicamente una conclusión contra otra conclusión.
2	Argumentación que tiene argumentos que consisten en conclusiones, datos, evidencias o sustentos, pero no contiene ninguna refutación.
3	Argumentación que tiene argumentos con una serie de conclusiones y además o datos, o justificaciones, o sustento, e incluyen una refutación débil o poco clara.
4	Argumentación que muestra argumentos completos con una conclusión que tiene una refutación claramente identificable.
5	Argumentación que manifiesta argumentos extensos y completos, avalados de manera contundente por los datos, las justificaciones y el conocimiento básico, y presentan más de una refutación.

Fuente: Traducida y adaptada de Osborne, Erduran y Simon (2004).

Estrategia metodológica

El libro de texto analizado

El libro que se analiza en este trabajo es el titulado *Acércate a la Física* (Gutiérrez y Zarzosa, 2018); correspondiente a la asignatura Ciencias II (Física) de educación secundaria, Plan de Estudios 2011 (SEP, 2011). Está organizado en cinco bloques, los primeros cuatro constan de tres apartados (temas) y el quinto sólo de uno; cada apartado incluye actividades de integración, proyectos y una evaluación de bloque. En el bloque tres se desarrollan las ideas teóricas relacionadas con el modelo de partículas (tabla 2).

Tabla 2: Temas del libro de texto relacionados con el modelo cinético corpuscular.

Bloque III. Un modelo para describir la estructura de la materia
Los modelos en la ciencia
Características e importancia de los modelos de la ciencia Ideas en la historia acerca de la naturaleza continua y discontinua de la materia: Demócrito Aristóteles y Newton; aportaciones de Clausius, Maxwell y Boltzman Aspectos básicos del modelo cinético de partículas: partículas microscópicas indivisibles, con masa, movimiento, interacciones y vacío entre ellas.
La estructura de la materia a partir del modelo cinético de partículas
Las propiedades de la materia: masa, volumen, densidad y estados de agregación Presión: relación fuerza y área; presión en fluidos. Principio de Pascal Temperatura y sus escalas de medición Calor, transferencia de calor y procesos térmicos: dilatación y formas de propagación Cambios de estado; interpretación gráfica de presión temperatura
Energía calorífica y sus transformaciones
Transformación de la energía calorífica Equilibrio térmico Transferencia de calor: del cuerpo de mayor al de menor temperatura Principio de conservación de la energía Implicaciones de la obtención y aprovechamiento de la energía en las actividades humanas
Actividades de integración
Proyecto. Imaginar, diseñar y experimentar para explicar o innovar
¿Cómo funcionan las máquinas de vapor? ¿Cómo funcionan los hidráulicos?
Evaluación del Bloque III

Fuente: Gutiérrez y Zarzosa (2018)

La principal razón por la que se eligió este libro fue porque es el que utilizan los docentes y estudiantes de una secundaria ubicada al sur de la Ciudad de México, en la que se tiene previsto realizar una investigación más amplia sobre la argumentación en clases de ciencias. De acuerdo con datos de la Conaliteg, para el ciclo escolar 2018–2019, este libro tuvo un tiraje de 118,325 ejemplares. Además de su versión impresa, el libro está disponible en línea para su consulta (<https://libros.conaliteg.gob.mx/content/restricted/libros/carrusel.jsf?idLibro=1872>).

Procedimiento

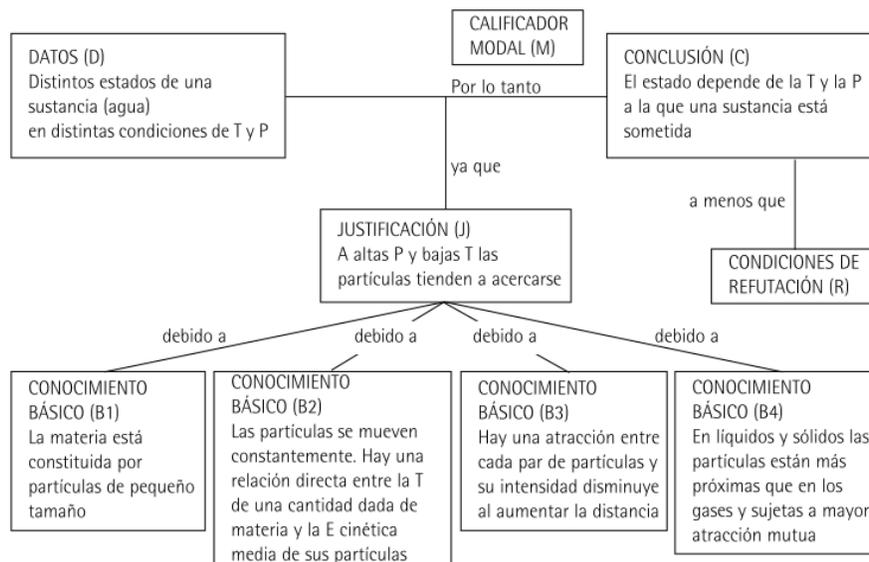
Decidimos analizar las pautas de argumentación sobre los cambios de estado de la materia. Por lo tanto, optamos por considerar el contenido propuesto en el subtema “Cambios de estado; interpretación gráfica de presión temperatura” correspondiente al segundo apartado del bloque III del libro de texto (tabla 2). El primer paso fue transcribir íntegramente el contenido propuesto en el libro de texto (Gutiérrez y Zarzosa, 2018: 167-168). Posteriormente, y a partir de los planteamientos de Gee (2005), realizamos un análisis cualitativo del contenido en dos niveles: de estructura y valoración del argumento.

a. Primer nivel de análisis: estructura del argumento

En este nivel identificamos los componentes del argumento sobre el modelo de partículas que están presentes como contenido en el libro de texto. Para ello, retomamos el argumento de referencia (figura 2) elaborado por Jiménez, Álvarez y Lago (2005) para este mismo contenido y construido según la propuesta de Toulmin.

Para este nivel de análisis consideramos como unidades de análisis oraciones o grupos de oraciones del texto, las cuales fueron codificadas y recodificadas de acuerdo con los elementos que componen el argumento de referencia: Datos (D), Conclusión (C), Justificación (J), Conocimiento básico (Cb1-4) y Condiciones de refutación (R). A cada uno de los elementos del argumento de referencia se asignó un color para marcar y distinguir las oraciones en la transcripción del texto. Este ejercicio de codificación se hizo de manera reiterativa hasta que, en el marcaje de las mismas, no hubiera duda del aspecto asignado. Finalmente, se extrajeron los fragmentos codificados en un nuevo documento y se construyó el argumento del libro de texto.

Figura 2: Modelo de partículas: argumento de referencia



Fuente: Jiménez, Álvarez y Lago (2005:46)

b. Segundo nivel de análisis: valoración del argumento

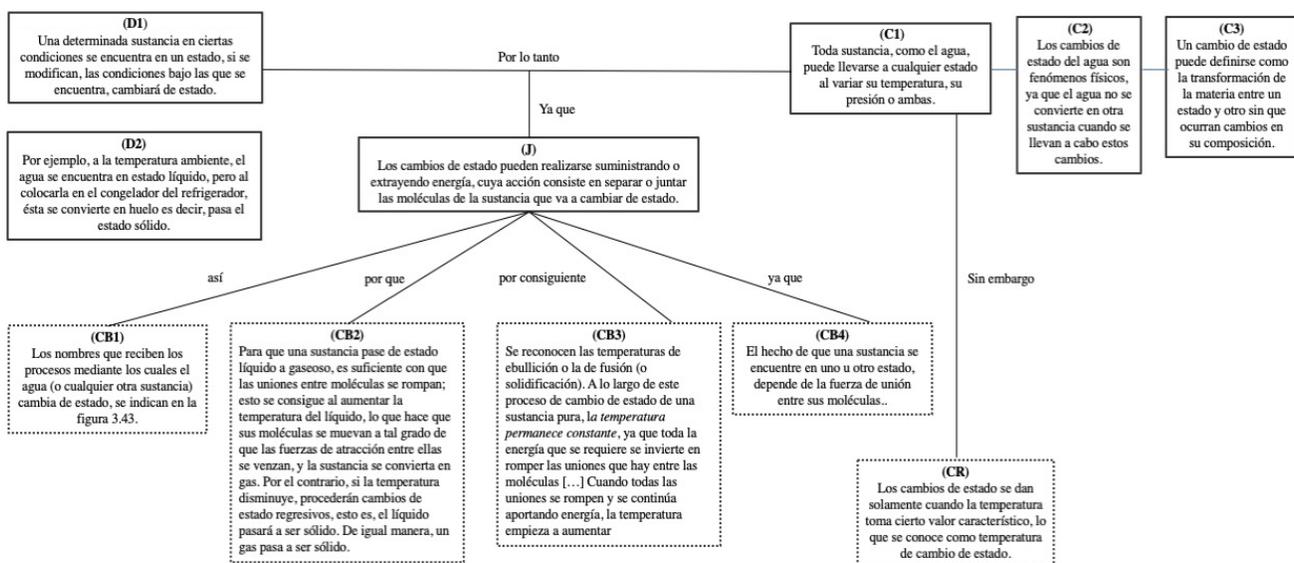
En este nivel, valoramos la estructura del argumento construido en el primer nivel de análisis, considerando la frecuencia de la presencia de los distintos elementos que lo integran (D, C, J, Cb1-4, R). Para ello, retomamos los niveles de argumentación (tabla 1) propuestos por Osborne, Simon y Erduran (2004). La forma en que operacionalizamos estos niveles de argumentación fue mediante tres indicadores: 1) la frecuencia de la presencia de cada uno de los elementos en el argumento construido, 2) la concordancia entre ellos en términos del tipo de relación que se establece (fuerte, débil o nula) y 3) la relevancia del argumento con respecto al conocimiento científico (si apela al conocimiento científico o al conocimiento común).

Resultados y discusión

A continuación, presentamos de manera conjunta los resultados de los niveles de análisis de la argumentación sobre el modelo de partículas propuesto como contenido en el libro de texto *Acércate a la Física* (Gutiérrez y Zarzosa, 2018) para educación secundaria.

En términos generales, la identificación de los distintos elementos y componentes que estructuran el argumento en el contenido del libro de texto no es inmediata. La estructuración de los razonamientos en torno al modelo de partículas no es lineal, es decir, no sigue una estructura lógica desde el punto de vista de la argumentación de Toulmin. Esto se debe a que en el desarrollo del contenido no se incorporan explícitamente conectores textuales que permitan establecer una relación entre las ideas que expresan los enunciados. En la figura 3 presentamos el argumento construido a partir del primer nivel de análisis. Como se puede observar, el argumento se estructura de dos datos (D), tres conclusiones (C), una justificación (J), cuatro conocimientos básicos (CB 1-4) y una condición de refutación (CR).

Figura 3: Modelo de partículas: argumento en libro de texto



Fuente: Gutiérrez y Zarzosa (2018: 167-168)

En el argumento del libro de texto se alude a dos tipos de datos que constituyen la afirmación sobre la cual está construido: datos de carácter hipotético (“una determinada sustancia en ciertas condiciones...”) y datos que se pueden reconocer de forma empírica (el agua y sus cambios). También contiene la alusión a conclusiones que van complejizando la retórica argumentativa; éstas inician con un valor final asumido en términos de descripción a partir de los datos ofrecidos y terminan con una definición de lo que es un cambio de estado, aludiendo a las características esenciales, suficientes y necesarias para explicar dicho fenómeno. Se trata de datos que aluden a experiencias cercanas a los estudiantes y conclusiones que ofrecen una definición simple, pero explicativa, en torno al fenómeno.

Con respecto a la justificación, es posible identificar el establecimiento de relaciones entre datos y referentes conceptuales que aluden a entidades teóricas (“cambios de estado”, “energía”, “moléculas”). En este sentido, la justificación trata de hacer comprensible el fenómeno a partir de los conocimientos que supuestamente el alumno ya debió aprender. Al situarnos en el contexto más limitado de una disciplina científica, la justificación tiene un significado más próximo a evidenciar el fundamento científico que permite explicar el por qué de un fenómeno natural a partir de los datos proporcionados. A partir de la estructura argumentativa del libro de texto, consideramos que se muestra un argumento que implícitamente hace referencia al modelo de partículas que no se circunscribe a una explicación macroscópica de los cambios de estado, en la que sólo se podría aludir a las variables más evidentes, como la presión y temperatura (De Vos y Verdonk, 1996).

La justificación identificada gana más fuerza porque se respalda en al menos cuatro conocimientos básicos que permiten explicar con cierta profundidad los datos proporcionados (nombre y descripción de cada cambio de estado, la temperatura como variable para que ocurran los cambios de estado, relación entre temperatura y moléculas, la fuerza de unión entre moléculas como explicación de uno u otro estado de la materia). Sin embargo, estos conocimientos tienden a ofrecer razonamientos centrados explícitamente en la temperatura como una variable explicativa de los cambios de estado y dejan en la periferia la alusión a la presión como una variable más (Johnson y Papageorgiou, 2010). La temperatura es crucial para aumentar la energía cinética de las partículas de la materia y su movilidad, con lo que se favorecen los cambios de estado progresivos (p.e. sólido→ líquido→ gas). Sin embargo, se omite que al aumentar la presión aumentan las fuerzas de cohesión entre las partículas de la materia que favorecen los cambios regresivos (p.e. gas→ líquido→ sólido). Esto no es tan evidente en el argumento del contenido propuesto en el libro de texto aquí analizado, por lo que podría dejar a los alumnos con ideas erróneas acerca de los cambios de estado de la materia.

La calidad del argumento identificado se ubica en el nivel 4. Se trata de un argumento completo en términos de los componentes que lo estructuran pero, respecto al conocimiento científico, se queda en un mismo nivel de conocimiento básico. En términos de razonamiento, la estructura argumentativa del libro de texto no apela de manera exhaustiva al respaldo en el conocimiento básico. Si bien se mencionan propiedades que constituyen la materia, pareciera que los cambios de estado ocurren principalmente por la temperatura y no por la presión, que sí aparece mencionada en la justificación. Aunque se hace referencia a los diferentes estados de la materia, no se discute ninguno de los modelos alternativos que los explicaban, por lo que no es posible poner de manifiesto el poder explicativo del modelo de partículas (De Vos y Verdonk, 1996). En términos de argumentación, es importante valorar diferentes modelos explicativos que conducen a una conclusión adecuada a las pruebas.

Conclusiones

En la educación secundaria en México, los libros de texto son centrales en las prácticas de enseñanza (Quiroz 1998). En algunas ocasiones, son la base para la seleccionar, secuenciar y organizar los contenidos; una guía para planear actividades de aprendizaje o para definir las de evaluación. En el libro de texto aquí analizado, la información científica es la parte más sustancial de la obra y, junto con los otros elementos que lo articulan, constituye una propuesta didáctica que intenta responder al programa de estudios. En este sentido, al analizar la argumentación en torno a un contenido específico, estamos analizando indirectamente lo propuesto en el currículo.

El análisis de la argumentación sobre el modelo de partículas presentado como contenido en el libro de texto aquí analizado, nos permitió identificar las pautas de argumentación, los componentes del argumento y el nivel de calidad que presenta la estructura argumentativa. Para este análisis, nos interesaron únicamente los argumentos sustantivos (Toulmin, 2007), aquellos en los que es necesario un conocimiento del contenido. En la construcción de modelos explicativos, los hechos, conceptos y justificaciones (razones que llevan a escoger uno u otro) son necesarios y están relacionados. Los resultados de este análisis sugieren que, al menos en el libro aquí considerado, la argumentación en torno al modelo de partículas presenta una estructura completa y tiene un valor aceptable.

Sin embargo, es importante reconocer que los componentes que estructuran el argumento aquí analizado no son lineales, por lo que difícilmente podrían ser identificados por los estudiantes. Por otro lado, los conocimientos que apoyan la justificación tienden a no considerar todas las variables explicativas en torno a los cambios de estado de la materia, lo cual podría dejar a los alumnos con ideas erróneas respecto a este fenómeno (Trinidad y Garritz, 2003). En este sentido, consideramos importante que los libros de texto apoyen a los alumnos con estrategias que les permitan identificar los elementos que estructuran un argumento. La capacidad de comprender y no sólo de formular argumentos es crucial como parte de la formación científica (Simon et. al., 2006).

Un aspecto crítico del libro de texto aquí analizado es que no alude al razonamiento científico, ni sugiere actividades con objeto de promover su utilización. Tal parece que en el diseño del libro de texto no se concibió la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como un discurso argumentado, en el sentido de explorar diferentes alternativas explicativas acerca de un fenómeno, de aportar datos que justifiquen por qué se elige una explicación y se desecha otra o de aplicar los modelos teóricos para resolver diferentes situaciones y con ello valorar su poder explicativo (Jíménez, 2010). En la construcción del conocimiento científico, es importante el proceso de negociación que tiene lugar entre los integrantes de la comunidad cuando se comunican modelos teóricos con la finalidad de validar las representaciones sobre el mundo (Giere, 1992). En este proceso, el razonamiento es una herramienta fundamental para establecer relaciones entre las observaciones y los modelos teóricos para generar conclusiones.

En el trabajo aquí presentado nos ocupamos únicamente de un libro de texto de ciencias para educación secundaria y de un contenido específico. Sin embargo, consideramos importante ampliar la selección de libros de texto para comparar la argumentación en la presentación de diferentes contenidos, con el fin de promover un sano debate sobre la estructura y calidad argumentativa que presentan dichos materiales educativos. La estructura y calidad argumentativa debe ser una dimensión a tomar en cuenta en la elaboración de los libros de texto para garantizar no sólo una propuesta didáctica coherente y bien articulada, sino también un material que pueda mediar el aprendizaje de las ciencias.

Referencias

- Álvarez, V. M. (1997). Argumentación y razonamiento en los textos de física de secundaria, *Alambique*, 11, 65–74.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula: Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós.
- De Vos, W. y Verdonk, A.H. (1996). The particulate Nature of Matter in Science Education and in Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657–664.
- Erduran, S. & Jiménez, M.P. (2007). *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. New York: Springer.
- Gee, J. P. (2005). *An Introduction to Discourse Analysis. Theory and Method*. New York: Routledge.
- Giere, R. (1992). *La Explicación de la Ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Conacyt.
- Gutiérrez, C. y Zarzosa, A. (2018). *Acércate a la Física*. México: Ediciones Larousse.
- Jiménez, M.P., Bugallo, A., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics, *Science Education*, 84(6), 757–792.
- Jiménez, M.P. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez, M.P., Álvarez, V. y Lago, J. (2005). La argumentación en los libros de texto de ciencias, *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 35–58.
- Johnson, P. & Papageorgiou, G. (2010). Rethinking the introduction of particle theory: A substance-based framework, *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 130–150.
- Khine, M.S. (Ed.). (2012). *Perspectives on scientific argumentation: Theory, Practice and Research*. New York: Springer.
- Latour, B. y Woolgar, S. (2007 [1979]). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science, *International Journal of Science Education*, 21(5), 553–576.
- Ocelli, M. y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica, *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133–152.
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse, *Science*, 328, 463–466.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What ‘Ideas-about-science’ should be taught in school science? A Delphi study of the expert community, *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- Osborne, J., Simon, S., & Erduran, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020.

Quiroz, R. (1998). La reforma de 1993 de la educación secundaria en México: nuevo currículum y prácticas de enseñanza, *Investigación en la Escuela*, 36, 75–90.

Ruiz, F., Márquez, C. y Tamayo O. (2014) Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 53–70.

Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific argumentation: The effects of content knowledge and morality, *International Journal of Science Education*, 28(12), 1463–1488.

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis.

SEP (2011). *Programas de estudio. Asignatura Ciencias. Secundaria*. México: SEP.

Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. (1ª edición en español). Barcelona: Península.

Trinidad, R. y Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia, *Educación Química*, 14(2), 92–105.

Ziman, J. (2003). *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press.