



Modelo científico y modelo cinético corpuscular en libros de texto. Análisis ontológico

Scientific model and corpuscular kinetic model in textbooks. Ontological analysis

DOI: 10.7203/DCES.44.24981

Magdalena Valverde Pérez

Universidad de Murcia, mvp@um.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6188-6763>

Isabel Solano Martínez

Universidad de Murcia, isolano@um.es

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-5814-5363>

RESUMEN: Si bien los modelos desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia y la educación científica, el libro de texto como material curricular utilizado en las aulas juega un papel crucial en el proceso de enseñanza y aprendizaje de estos contenidos. Este trabajo propone utilizar los constituyentes ontológicos que definen un modelo científico, así como sus funciones esenciales, para conocer cómo los libros de texto contribuyen a la enseñanza de modelo científico, como elemento de la actividad científica, y a la del modelo cinético corpuscular como modelo científico escolar. Para ello se analizaron libros de texto de física y química de 2º de educación secundaria obligatoria. El análisis muestra una escasa atención al modelo científico como elemento fundamental de la actividad científica, falta de consideración de algunos constituyentes ontológicos al introducir el modelo cinético corpuscular y carencia de actividades que promuevan la predicción como función esencial del modelo.

PALABRAS CLAVE: Modelo cinético corpuscular, libros de texto, Educación Secundaria, formación de profesorado, enseñanza de las ciencias

ABSTRACT: While models play a fundamental role in the development of science and science education, textbooks -as curricular materials used in the classroom- play a crucial role in the teaching and learning process of these contents. This paper proposes to use the ontological constituents which define a scientific model, as well as its essential functions, to find out how textbooks contribute to the teaching of scientific models, as elements of the scientific activity; and to that of the corpuscular kinetic model as a school scientific model. For this purpose, Physics and Chemistry textbooks for the 2nd year of the Compulsory Secondary Education are analysed. The analysis shows little attention to the scientific model as a core element of scientific activity, a lack of consideration of some ontological constituents when introducing the corpuscular kinetic model and a lack of activities that promote prediction as an essential function of the model.

KEYWORDS: Corpuscular kinetic model, textbooks, Secondary Education, science teacher training, science education

Fecha de recepción: agosto de 2022

Fecha de aceptación: marzo de 2023

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el desarrollo de la competencia científica se ha convertido en una prioridad para la enseñanza de las ciencias en los niveles obligatorios, buscando que los individuos apliquen sus conocimientos sobre contenidos de ciencias en distintos ámbitos de su vida personal, laboral y social. Una persona competente científicamente debería ser capaz, entre otras cosas, de explicar y predecir fenómenos naturales, así como de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas cotidianos (Cañal, 2012; Pedrinaci, 2012).

Para conseguir formar personas científicamente competentes, los profesores de ciencias y los materiales curriculares deben propiciar situaciones de enseñanza que impliquen el uso de modelos, siendo preciso cierto conocimiento por parte del profesor sobre qué es un modelo científico, sus funciones y potencialidades (Oh y Oh, 2011). Sin embargo, la investigación didáctica indica que sería preciso proporcionar a los profesores formación donde se aborde directamente el concepto de modelo y modelización (Gutiérrez, 2014) ante el conocimiento defectuoso o incompleto del concepto de modelo científico y de sus funciones esenciales que muchos docentes presentan (Gutiérrez, 2014; Justí y Gilbert, 2002; Oh y Oh, 2011), pudiendo realizar un uso superficial de los mismos (Danusso et al. 2010; Khan, 2011). Algunos estudios indican que una aproximación ontológica al concepto de modelo científico facilitaría su aprendizaje por parte del profesorado, al aligerar la carga cognitiva del concepto (Gutiérrez, 2014), siendo un planteamiento adecuado tanto para su definición como para su enseñanza (Chen, 2011; Giere, 2010). En este sentido, Gutiérrez (2014) da una definición de lo que es un modelo científico, recurriendo a la ontología según Mario Bunge:

Un modelo científico es una representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de entidades con sus principales propiedades explicitadas, y un conjunto de enunciados legales que determinan el comportamiento de esas entidades y cuyas funciones esenciales son la explicación y la predicción. (Gutiérrez, 2014, p. 51)

Dado que la expresión “enunciados legales” resulta un tanto extraña en nuestro ámbito de conocimiento, en adelante nos referiremos a ella con el término “nexos” (término utilizado por Sánchez (2016)) o “comportamientos”.

Algunos autores como Cañal (2012) hacen referencia a la descripción como una función más de un modelo científico. A este respecto, Gutiérrez (2014) indica que esto sería redundante, ya que el modelo científico contiene las entidades y sus propiedades descritas. A esto hay que añadir que, además de explicar y predecir, Bunge considera a la evaluación de teorías genéricas como otra función de los modelos científicos en cuanto que estas últimas no se podrían contrastar directamente, sino que sería necesaria su aplicación a sistemas concretos. Esto es lo que haría el modelo científico, conectar la teoría general con los fenómenos del mundo físico, los cuales son modelizados por los modelos elaborados por la ciencia (Díaz, 2005, citado por Gutiérrez, 2014). Así, por ejemplo, la teoría cinética de los gases sería un modelo científico que tendría como referente la mecánica estadística general como teoría general. Sin embargo, esta última función no sería, según Gutiérrez (2014), una función esencial de los modelos científicos puesto que en las ciencias se manejan modelos que aun permitiendo explicar y predecir fenómenos naturales, carecen de una teoría general que pueda considerarse como referente, siendo este el caso, por ejemplo, del modelo geológico de la Tectónica de placas. En cualquier caso, la distinción entre teoría y modelo es un tema extraordinariamente complejo y no va a ser objeto de estudio en este trabajo.

Con frecuencia, se suelen considerar modelos a las representaciones icónicas, fórmulas matemáticas y réplicas físicas de objetos o sistemas. Sin embargo, según Cartier, Rudolph y Stewart (2001) tales representaciones no serían modelos en sí mismas. El modelo científico, según estos autores, sería el conjunto de ideas que describe un proceso natural y puede ejecutarse mentalmente para explicar o predecir fenómenos naturales. Así, un diagrama de partículas representando una

porción de gas no sería un modelo de gas sino una representación icónica de un gas realizada a partir del modelo cinético de los gases.

Los modelos científicos no constituyen la realidad, pero tampoco son copias de la misma; además, pueden ser modificados, de manera que podemos encontrar distintos modelos para una misma entidad (ejemplo, el átomo), cada uno de los cuales presenta un diferente poder de explicación y predicción. Así, para dar explicación sobre la estructura interna de la materia, podemos aludir al modelo cinético corpuscular (en adelante MCC), modelo atómico molecular, modelo atómico, atendiendo a su diferente nivel de profundidad con el que queramos explicar datos y hechos acerca de los sistemas materiales (agua, aire, plásticos, etc.) y fenómenos (fusión, disolución, etc.).

Por otra parte, el modelo cognitivo de ciencia escolar considera que la unidad fundamental tanto de la ciencia de los científicos como de la ciencia escolar es el modelo teórico (Adúriz-Bravo, 2013; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999). Además, sostiene que al no ser el alumno un científico sino un científico escolar, habría que hablar de modelos científicos escolares frente a los modelos científicos, los cuales, aunque tienen un poder explicativo similar al de los modelos científicos, constituyen una versión adaptada a las posibilidades de los alumnos (Nebot y Márquez, 2019).

El MCC constituye el primer modelo científico escolar sobre la constitución de la materia que se utiliza en la educación secundaria obligatoria-ESO (Decreto 220 de 2015). La propuesta curricular hace alusión a los modelos científicos con las etapas del método científico (bloque 1. Actividad científica) y al MCC en el bloque 2 dedicado al estudio de la materia. Llama la atención que en su enunciado especifique el tipo de entidades a las que se refiere el modelo (Modelo cinético-molecular). Otro tanto ocurre con el enunciado introducido por el currículo derivado de la LOMLOE (Decreto 235 de 2022), en el bloque de “La materia” en 2º curso, si bien este, además, hace referencia a “teoría” (teoría cinético-molecular) y no a modelo como ocurría en la anterior prescripción. En cualquier caso, considerar como entidades a las partículas sería suficiente para hacer frente a la posterior prescripción que hace sobre la utilización del modelo en relación con la explicación microscópica de las propiedades de los estados de agregación, los cambios de estado de la materia, el comportamiento de los gases o la formación de mezclas y disoluciones.

Por otro lado, el MCC es uno de esos contenidos a los que la didáctica de las ciencias experimentales ha prestado mucha atención en relación con las ideas alternativas que tienen los estudiantes sobre la constitución de la materia (Jiménez, Benarroch y Marín, 2006; Johnson, 1998; Nakhleh, Smarapungavan y Saglam, 2005; Treagust et al., 2010), así como a la utilización de estrategias de instrucción buscando el cambio conceptual (Duit, 1999) y la progresión del aprendizaje de la materia (Stevens, Delgado y Krajcik, 2010). Los alumnos tienden a explicar lo microscópico a partir de su experiencia macroscópica y no a la inversa, como sería deseable desde el punto de vista científico (Gómez-Crespo, Pozo y Gutiérrez, 2004). La introducción del modelo debe permitir al alumno distinguir con claridad entre lo que son descripciones de observaciones y la interpretación de las mismas desde el nivel microscópico (Hierrezuelo y Hierrezuelo, 2020) y, para conseguirlo no sería suficiente con transmitir al alumno qué es lo que explica el modelo, cuáles son sus limitaciones y sus posibles extensiones y generalizaciones, si lo que se busca es un proceso de redescipción representacional, precisando que se le proporcionen oportunidades para explicar y predecir fenómenos utilizando las partículas a las que hace referencia el MCC (Gómez-Crespo et al., 2004; Guevara y Valdez, 2004).

Dado que los libros de texto continúan siendo uno de los principales recursos utilizados por los profesores en las clases de ciencias (Gómiz, Aragón y Oliva, 2022; Ibáñez et al., 2019; Occelli y Valeiras, 2013) y la importancia de los modelos como elementos de la actividad científica, y más concretamente el MCC como primer modelo científico escolar incluido en las propuestas curriculares para explicar la constitución de la materia, parece conveniente de cara a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje, efectuar un análisis de las versiones propuestas por los libros de texto, que permita establecer si cubren los requisitos de un modelo científico escolar (Guevara y Valdez, 2004).

La contribución del presente trabajo a las anteriores consideraciones se concreta con la formulación de tres problemas de investigación (PP):

PP1. ¿Cómo introducen los libros de texto el concepto de modelo científico como elemento de la actividad científica?

PP2. ¿Cómo introducen los libros de texto el MCC y qué componentes ontológicos del modelo incluyen?

PP3. ¿Qué funciones del MCC promueven las actividades propuestas por los libros de texto?

2. METODOLOGÍA

Se han seleccionado siete libros de texto de Física y Química de editoriales ampliamente implantadas en la Región de Murcia (tabla 1), publicados en el marco de la Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) y para el 2º curso de ESO, pues es en este curso cuando el currículo prescribe la introducción del método científico y sus etapas, así como del MCC.

TABLA 1. Libros de texto de física y química de 2º ESO utilizados para el análisis

Código	Editorial	Proyecto	Año publicación
P1	Anaya	Suma piezas	2021
P2	Mc Graw-Hill	Física y Química	2021
P3	Anaya	Aprender es crecer	2017
P4	Edelvives	Somos link	2016
P5	Mc Graw-Hill	Física y Química	2016
P6	Oxford Education	Inicia Dual	2016
P7	Santillana	Proyecto saber hacer	2016

Se trata de una investigación *ex post facto* (Bernardo y Calderero, 2000) con carácter no experimental, y descriptivo (Cancela, Cea, Galindo y Valilla, 2010), centrada en el análisis de la naturaleza del contenido didáctico y del formato verbal del contenido (Perales, 2006), tanto de la unidad que trata los modelos como elementos de la actividad científica, como la que introduce el MCC.

Para la recogida de información se diseñó un cuestionario ajustado a los intereses de la investigación. En una primera fase las dos autoras elaboraron un cuestionario con 20 preguntas, según investigaciones previas sobre modelos científicos y su utilización en el aula (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Quesada, Valcárcel y Sánchez, 2005). En una segunda fase, otras dos investigadoras en Didáctica de las Ciencias Experimentales evaluaron, de forma independiente, el interés de cada cuestión con una escala de valoración de 1 a 4 (siendo 1 nada interesante, 2 algo interesante, 3 bastante interesante y 4 totalmente interesante). Para esta evaluación, el coeficiente *Kappa* fue $K=0,85$, lo que refleja la fiabilidad del proceso (Fleis y Cohen, 1969), con un grado de acuerdo entre ambas investigadoras casi perfecto (Landis y Koch, 1977). Como resultado de esta evaluación, se eliminaron aquellas cuestiones sobre las que no existió un acuerdo en el interés para su inclusión ≥ 3 . Finalmente, el instrumento de recogida de información quedó como se expone en la tabla 2, en la cual también se ha incluido la intencionalidad perseguida por las distintas cuestiones. El cuestionario se encuentra dividido en tres bloques, que permiten dar respuesta a los tres problemas de la investigación mediante el análisis de los siguientes tres aspectos:

- Presencia del concepto de modelo científico y del tipo de información que ofrecen.
- Denominación, introducción y constituyentes ontológicos que se explicitan del MCC, así como su utilidad (qué puede explicar y qué no).
- Contribución al aprendizaje de las funciones del MCC.

TABLA 2. Cuestionario para el análisis de modelo científico y el modelo cinético corpuscular en los libros de texto de física y química de 2º ESO

Datos del libro de texto	
Código libro:	Autores:
Editorial:	Año publicación:
Título Proyecto:	
N.º de Temas:	N.º de páginas:
Bloques	Intencionalidad
Bloque 1: ¿Cómo introducen los libros de texto el concepto de modelo científico como elemento de la actividad científica?	Conocer cómo los textos escolares recogen el concepto de modelo como elemento de la actividad científica.
1. ¿Aparece en el texto escolar información acerca del significado de modelo científico y de la utilización de modelos en la ciencia?	- Localizar en qué tema/lección/apartado (texto principal, pie de imagen, actividad, ...) del libro de texto se incluye el concepto de modelo científico como contenido de enseñanza y su utilización por la ciencia.
¿Cómo lo recoge?	- Qué idea (concepto/definición) de modelo científico incluye el texto. - Qué indica sobre la utilización de los modelos por la ciencia.
2. ¿Hay referencias en el texto escolar a algún modelo científico y/o modelo científico escolar concreto?	- Localizar en qué tema/lección/apartado (texto principal, pie de imagen, actividad, ...) se menciona algún modelo científico y/o modelo científico escolar concreto.
En caso afirmativo, ¿Se mencionan en el texto escolar las diferencias entre modelo científico y modelo científico escolar?	- Recoger a qué modelos hacen referencia. - Identificar ideas que permiten caracterizar los modelos científicos escolares y diferenciarlos de los modelos científicos. Ideas como: que son aproximaciones muy simplificadas de los modelos científicos; que son construcciones imaginarias bastante complejas acerca de objetos, procesos o entidades abstractas que surgieron en su día debido al consenso de los científicos y que se estudian así en un intento de acercarlos a las capacidades cognitivas, operativas y disponibilidad de conocimientos previos de los alumnos.
Bloque 2: ¿Cómo introducen los libros de texto el modelo cinético corpuscular, qué componentes ontológicos del modelo incluyen y cuál es su utilidad?	Conocer cómo recogen los textos escolares el MCC, sus constituyentes ontológicos y su utilidad.
3. ¿Qué denominación dan al modelo cinético corpuscular?	Identificar y contrastar qué denominaciones dan los distintos textos al MCC (modelo y/o teoría) y poner de manifiesto si existe consenso a este respecto.

4. ¿Justifica la introducción del modelo cinético corpuscular? ¿Cómo?	Identificar qué ideas utilizan los textos escolares para justificar el estudio del MCC. Ideas como: hay que acudir al nivel microscópico al cual esta referido el citado modelo para explicar a nivel macroscópico determinados fenómenos y propiedades de la materia.
5. ¿Qué estrategias utiliza para introducir el modelo cinético corpuscular? ¿Se hace una distinción neta entre el nivel macroscópico y el microscópico (submicroscópico)?	Identificar las estrategias que utilizan los textos escolares para comprobar que la materia es discontinua y formada por partículas. Estrategias como: - Mirar un cuerpo con un microscopio potente. - La vía de la división mecánica de los sólidos. - La vía de la disolución. - Influencia de la T ^a en la formación de mezclas. - La vía de la difusión de gases. - No utiliza ninguna. Identificar si hacen una distinción entre los niveles macroscópico y microscópico (submicroscópico).
6. ¿Cómo explicitan los constituyentes ontológicos (entidades y sus propiedades + nexos) para el modelo cinético corpuscular?	Localizar en qué tema/lección/apartado (texto principal, pie de imagen, actividad, ...) se mencionan los constituyentes ontológicos del MCC*. Identificar qué estrategias utilizan para introducir los constituyentes ontológicos (analogías, ...).
7. ¿Cuáles son los constituyentes ontológicos del modelo cinético corpuscular que explicitan los textos?	Identificar qué constituyentes ontológicos del MCC explicitan los textos escolares (entidades, propiedades de las entidades y nexos)*.
8. ¿Qué dice el texto acerca de lo que explica el modelo? ¿Y de lo que no puede explicar el modelo?	Poner de manifiesto qué fenómenos son los que se explican con el modelo (cambios de estado, dilataciones, ...) y si se introduce alguna referencia a aquello que no es capaz de explicar (cambios químicos, ...).
Bloque 3: ¿Qué funciones del MCC promueven las actividades propuestas por los libros de texto?	Conocer qué funciones de un modelo científico (predecir y explicar) promueven las actividades propuestas en los textos escolares sobre el MCC.
9. ¿Qué funciones del modelo cinético corpuscular promueven las actividades propuestas?	Identificar la finalidad de las actividades que se proponen en los textos escolares sobre el MCC: - Identificar o reproducir los supuestos del MCC. - Explicar fenómenos naturales con el MCC. - Predecir fenómenos naturales con el MCC.

*El instrumento utilizado para el análisis de los constituyentes ontológicos del MCC que explicitan los distintos proyectos se elaboró tomando como base los presupuestos teóricos de Sánchez (2016) y Benarroch (2000) para el MCC, con algunas modificaciones, incluido en el anexo 1.

El procedimiento de análisis se realizó en varias etapas; en una primera, y de forma independiente, las dos autoras seleccionaron las unidades de información en los textos y qué actividades analizar; en una segunda, fueron revisadas y contrastadas, hasta alcanzar un grado de acuerdo del 88 % en las situaciones de discrepancia. Por último, los resultados fueron cuantificados atendiendo a los criterios de análisis.

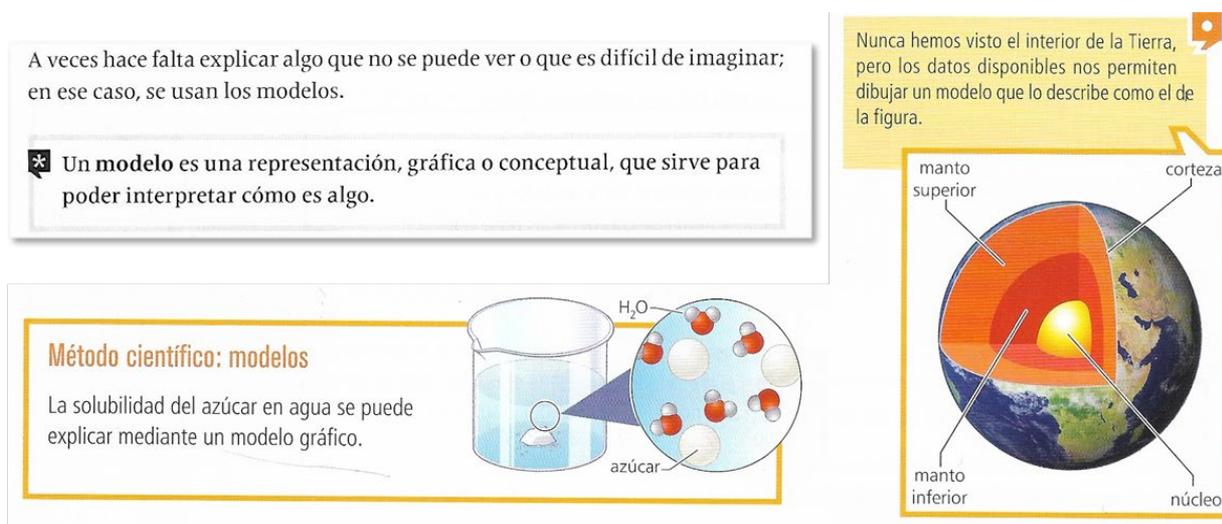
3. RESULTADOS

3.1. Introducción del concepto de modelo científico como elemento de la actividad científica (PP1)

Significado y utilización de modelo científico en la ciencia

Los resultados recogen que todos los libros analizados incluyen una unidad introductoria referida a la actividad científica. En esta unidad, solo un proyecto (P4) incluye información acerca de qué se entiende por modelo y la utilización de modelos en la ciencia, mostrando varias representaciones gráficas (imagen 1), así como actividades de identificación de modelos.

IMAGEN 1. Concepto de modelo y utilización de modelos



Fuente: Edelvives, 2016, p. 20

El resto de proyectos hace referencia a la utilización de modelos en la ciencia en temas posteriores dedicados a la materia y los átomos; algunos de estos ejemplos se muestran en la imagen 2. Además, hay que destacar que el proyecto P1 no solo no define qué se entiende por modelo científico en el tema introductorio sobre metodología científica, sino que en el tema 2, en el apartado dedicado a la teoría cinética de la materia, pide al alumno que sea él mismo quien lo defina.

Es cierto, que en la Didáctica de las Ciencias existe el debate sobre si un “primer tema” dedicado a la metodología científica es adecuado a la hora de trabajar la imagen de la ciencia y la comprensión de dicha metodología (polémica en la que no se va a entrar en este trabajo), pero lo llamativo en este caso es que se hable de modelos sin apenas dedicar espacio a definirlos, tomando como base sus constituyentes ontológicos y sus funciones.

Referencia a modelo científico y modelo científico escolar

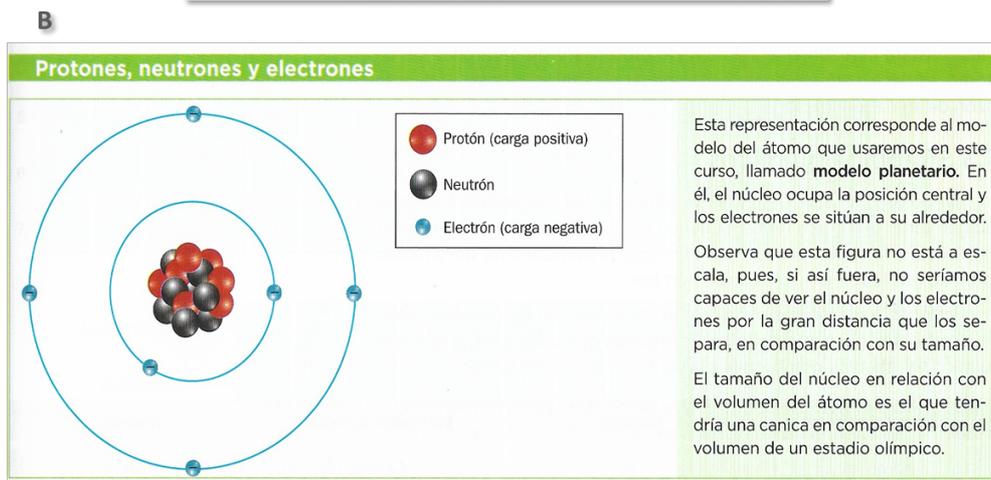
Ningún proyecto especifica, cuando se refiere a los modelos, si se trata de un modelo científico o un modelo científico escolar, puesto que los proyectos corresponden al 2º curso de la ESO, parece probable pensar que están haciendo referencia a modelos científicos escolares. Dado lo anterior, ningún texto menciona diferencias entre modelo científico y modelo científico escolar.

IMAGEN 2. Modelos en la ciencia**A 1.3. ¿Cómo son los átomos?**

Seguramente te sorprenda que podamos explicar cómo es algo que ni siquiera somos capaces de ver. En realidad, ese conocimiento procede de los «modelos» desarrollados por los científicos para representar sus observaciones y hallazgos.

Antiguamente se pensaba que los átomos eran pequeñísimas bolas o esferas indivisibles de materia; no obstante, este modelo tan sencillo no justificaba muchas de las propiedades de la materia, como los **fenómenos eléctricos** que se producen en la naturaleza.

Cualquier modelo atómico, para ser válido, debe ser capaz de explicarlos. Gracias a la investigación y a la explicación de estos fenómenos eléctricos, los científicos han deducido cómo pueden ser los átomos.



Fuente: A, Oxford Education, 2016, p. 59. B, Anaya, 2017, p.77

3.2. Cómo introducen el MCC y qué componentes ontológicos consideran (PP2)*Denominaciones del MCC en los libros de texto*

Todas las denominaciones que los proyectos dan cuando tratan el MCC hacen referencia a “Teoría”, aunque algunos de ellos le dan el tratamiento explícito de modelo: “Todas las características que hemos visto se pueden explicar utilizando un modelo para describir la materia: la teoría cinético-molecular o teoría cinética de la materia” (P1, p. 50; P3, p. 54). Ninguno de ellos utiliza la expresión modelo cinético corpuscular y, además, P1 y P3 utilizan dos denominaciones en la misma propuesta. Estos resultados dejan ver que no existe un consenso en el uso de los términos teoría y modelo, cuya diferenciación es compleja, como advierte Carvajal (2002), y sobre la cual, como se ha indicado anteriormente, no se va a entrar en este trabajo.

Justificación y estrategias utilizadas para introducir el MCC

Todos los proyectos, excepto P4, justifican la introducción del MCC por su capacidad para explicar la constitución de la materia y las características de los estados de agregación. Sin embargo, prácticamente ninguno realiza una distinción neta entre los niveles macroscópico y microscópico. Solo el texto escolar P6 hace alusión en una actividad a la palabra “microscópico” (p. 80). Para introducir el MCC, la mayoría de textos lo hace directamente; solo 2 proyectos utilizan algún tipo de estrategia que permite situar al alumno en el nivel submicroscópico, como mirar por un microscopio potente un cuerpo (P4) o hacer un zoom en el proceso de formación de una disolución (P6).

Constituyentes ontológicos del MCC

Todos los textos explicitan en mayor o menor medida los diferentes constituyentes ontológicos del MCC. Las entidades con sus propiedades suelen aparecer en el texto principal y bajo distintos nombres (ideas principales, ideas o postulados). Sin embargo, la serie de nexos o comportamientos, en su mayoría, aparece como etiquetas verbales de ilustraciones (dibujos, fotografías o diagramas de partículas), o bien, como notas al margen.

Cabe señalar, como algo excepcional, la utilización de analogías por el proyecto P5 para introducir las entidades del modelo y algunas de sus propiedades, así como, parte de los enunciados comportamentales (imagen 3).

IMAGEN 3. Ejemplo de analogía

A. Propiedades de los sólidos

Podemos justificar las características del estado sólido gracias a la teoría cinética. Para ello, realizamos el siguiente experimento:



EXPERIMENTA Construye tu estado sólido

5. Vamos a construir un modelo de sólido según la teoría cinética. Para ello, coge un frasco transparente y llénalo de canicas. Procura que esté totalmente lleno para simular lo más eficazmente el estado sólido. El bote representa nuestro sólido y las canicas representan a las partículas del bote. Según la teoría cinética hay hueco entre las partículas. ¿Observas ese fenómeno en tu sólido?



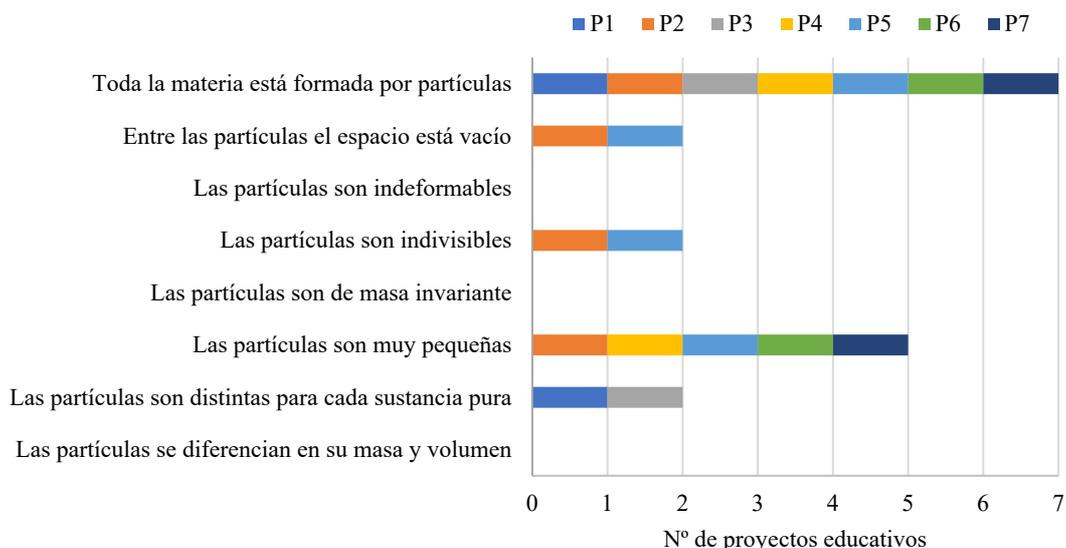
Según esta teoría, los sólidos son partículas fuertemente unidas entre sí, como un conjunto de canicas, lo que justifica el hecho de que tengan **forma fija** y **volumen propio**. Entre las partículas hay hueco y vibran continuamente, pero en su posición de equilibrio, como si movieras tu bote de canicas con movimientos rápidos.

Fuente: McGraw Hill, 2016, p. 41

Los constituyentes ontológicos del MCC que explicitan los distintos proyectos, se muestran en los gráficos 1 y 2.

Todos los textos identifican las entidades del MCC con partículas (gráfico 1), si bien 1 de ellos (P4) las identifica además con átomos, y otros 2 (P1 y P3) con átomos, moléculas o iones.

Ningún texto considera todas las propiedades expuestas para las entidades del modelo, la mayoría hacen referencia al tamaño y 2 de ellos a que son indivisibles y que entre las partículas el espacio está vacío. El resto sólo hace alusión a que son distintas para cada sustancia pura, pero ningún texto escolar tiene en cuenta que las partículas son indeformables, que se diferencian por su masa y volumen, y que su masa es invariante.

GRÁFICO 1 . Aspectos de las entidades y sus propiedades explícitos en los libros de texto

En lo referente a nexos o comportamientos, se han dividido en 6 criterios: movimiento, movimiento/temperatura, fuerzas de cohesión, posición/distancias, presión y difusión (gráfico 2).

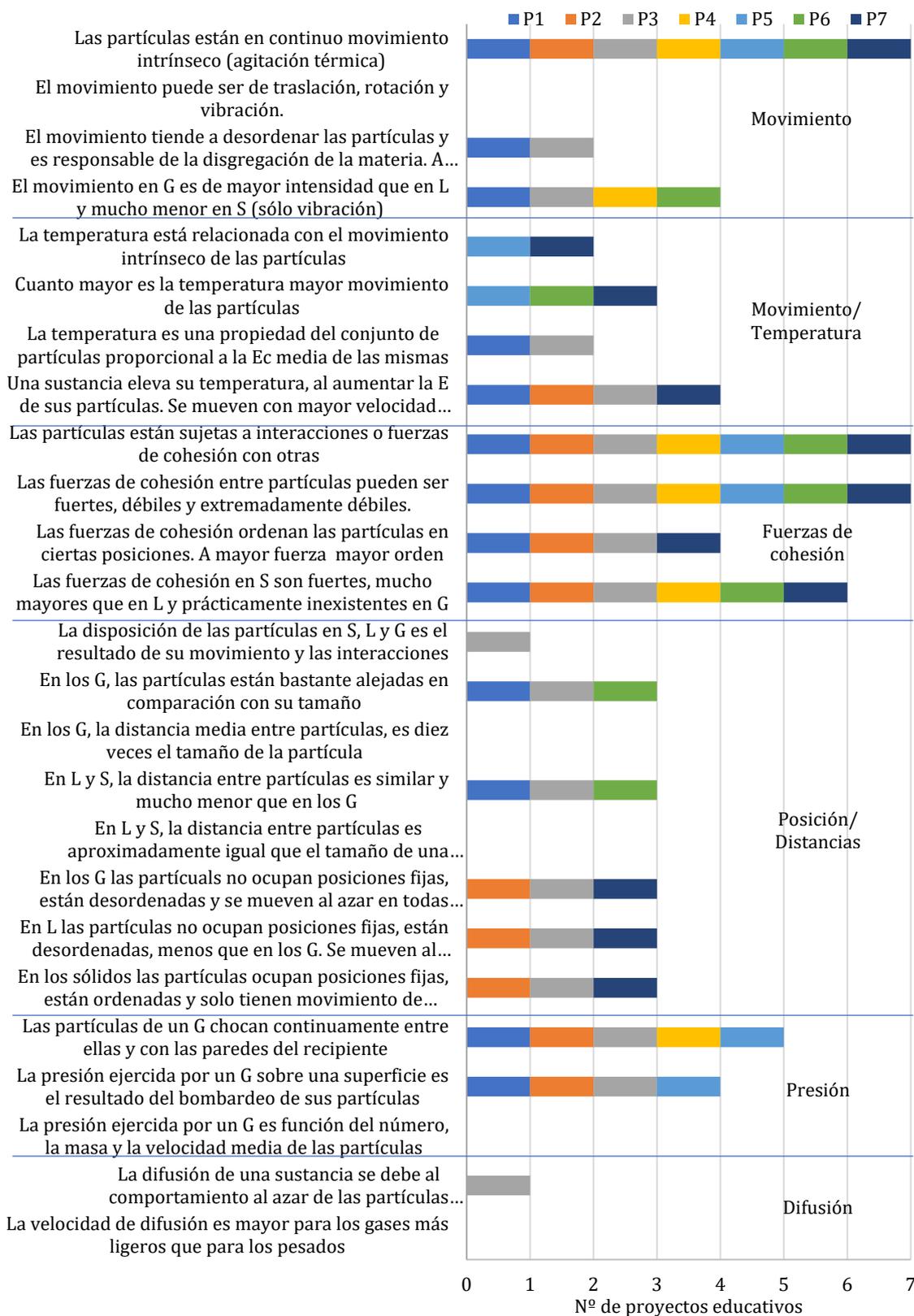
En cuanto al movimiento de las partículas, todos los textos incluyen que las partículas están en continuo movimiento, algunos indican que es diferente para sólidos, líquidos y gases (4/7) y solo 2 indican que el movimiento es el responsable de la disgregación de la materia (P1 y P3). En lo que se refiere a caracterizar el tipo de movimientos (traslación, rotación y vibración), no lo hace ningún proyecto.

Por otro lado, se establecen relaciones entre la temperatura y el movimiento de las partículas (P5, P6 y P7), la velocidad media de las partículas y/o con la energía cinética media (P1, P2, P3 y P7). Todos los textos enuncian que las partículas están sujetas a fuerzas de cohesión entre ellas, que son de distinto valor en sólidos, líquidos y gases (6/7). Además, 4 de los 7 proyectos reconocen que son las responsables de ordenar las partículas en determinadas posiciones (P1, P2, P3 y P7).

En cuanto, a la posición y distancia entre partículas, solo un texto relaciona su posición, distancia y orden con el movimiento y las fuerzas de cohesión dependiendo del estado de agregación (P3). Los textos P1, P3 y P6 indican que las diferentes distancias entre partículas dependen del estado de agregación, pero ninguno cuantifica dichas distancias.

Los textos escolares, que relacionan la presión con el comportamiento de las partículas son 5, y lo hacen aludiendo al choque entre partículas y con la superficie del recipiente, sin mencionar que la presión ejercida por un gas es función del número de partículas, la masa y la velocidad media de estas.

GRÁFICO 2. Nexos o comportamientos del MCC (S: sólido; L: líquido; G: gas)

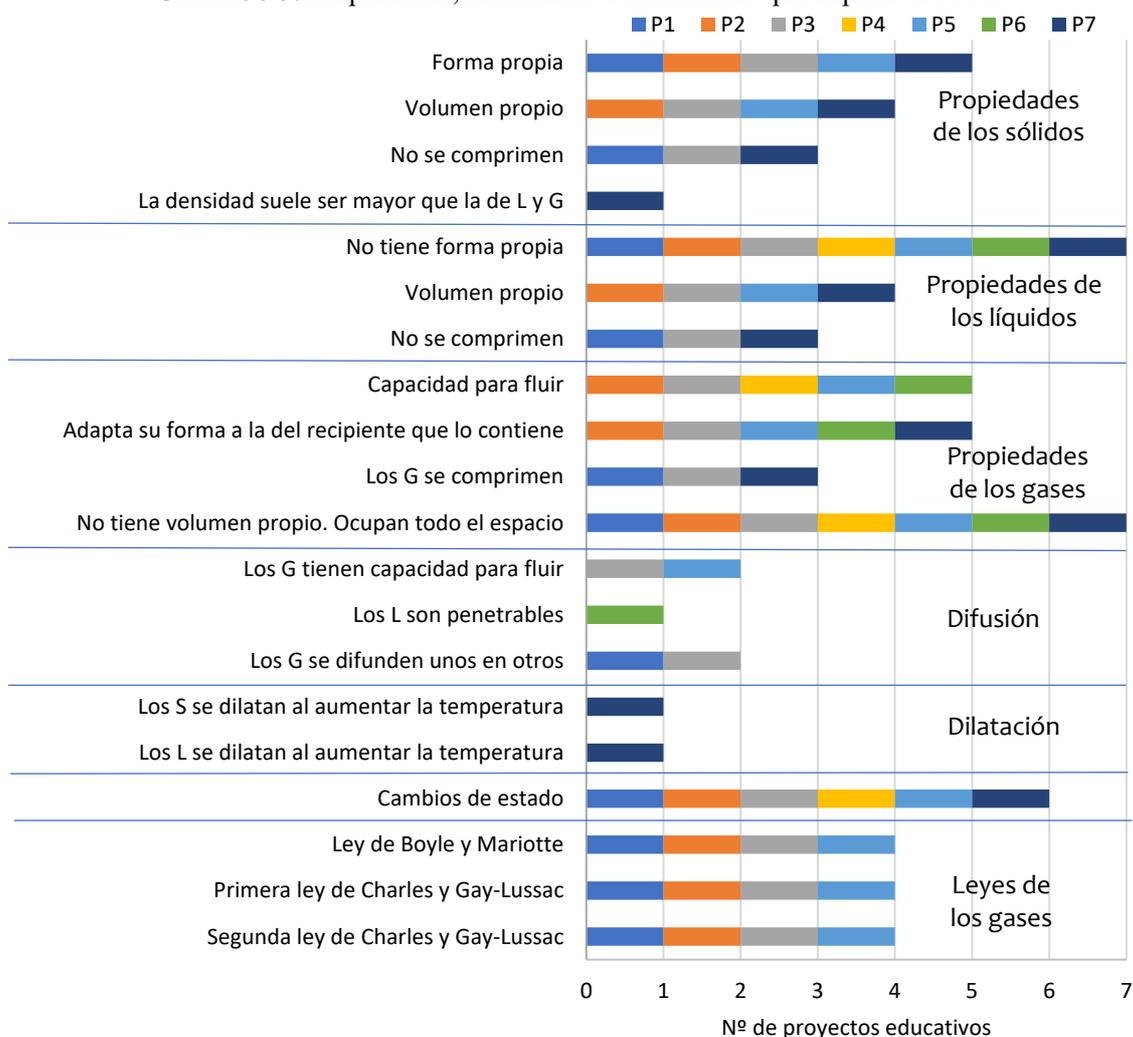


Por último, en relación con la difusión de una sustancia, solo el texto P3 explicita que se debe al comportamiento al azar de las partículas individuales, mientras que ningún proyecto menciona que la velocidad de difusión es mayor para los gases más ligeros que para los más pesados.

Qué puede explicar el MCC. Limitaciones

Atendiendo a qué puede explicar el MCC (gráfico 3), fundamentalmente los textos se dirigen a las propiedades de los estados de agregación (forma, volumen, y no tanto hacia las propiedades de compresibilidad y fluidez), cambios de estado (6/7) y leyes de los gases (4/7). Al fenómeno de difusión solo hacen referencia los textos P1, P3 y P6 y al de dilatación únicamente P7. Destacar que 2 de los proyectos no incluyen el estado sólido (P4 y P6).

GRÁFICO 3. Propiedades, fenómenos o situaciones que explica el MCC



Considerando el total de aspectos explicitados en el gráfico 3 que se podrían explicar con el MCC (21 aspectos), solamente 1 proyecto, P3, trata el 81% de los mismos, 4 proyectos (P1, P2, P5 y P7) poco más del 50% y 2 proyectos (P4 y P6) solo alrededor del 20%.

Por último, ningún texto hace referencia a aquello que no puede explicar el modelo.

3.3. Funciones del MCC que promueven las actividades (PP3)

Se ha analizado un total de 143 actividades de lápiz y papel que explícitamente aluden a la utilización del MCC y que nos han permitido clasificarlas en tres tipos:

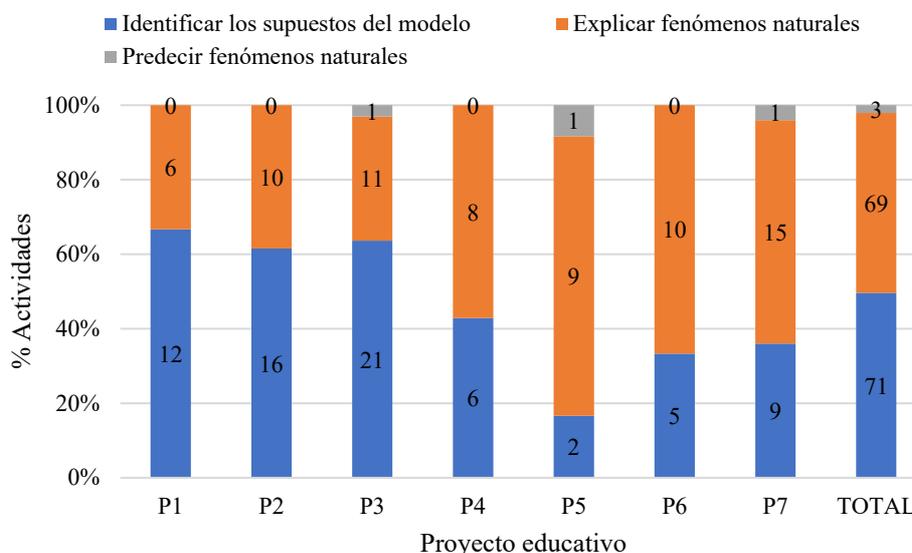
- Para identificar o reproducir los supuestos del modelo. Implican que el alumno debe recordar tales supuestos. Por ejemplo: “¿Qué hacen las partículas de un gas al aumentar la temperatura? ¿Por qué?” (P4, p. 45).

- Para explicar fenómenos naturales. Piden al alumno el porqué acerca de un determinado fenómeno utilizando los presupuestos del modelo. Por ejemplo: “¿Por qué los gases no tienen volumen propio mientras que los líquidos sí?” (P1, p. 51).

- Para predecir fenómenos naturales. Piden al alumno que responda sobre la continuidad o posibilidad utilizando los presupuestos del modelo. Por ejemplo: “¿Qué ocurriría si se calentase mucho una olla a presión de cocina y fallase la válvula de seguridad?” (P3, p. 61).

Las funciones del MCC que promueven las actividades incluidas en los proyectos analizados se pueden clasificar en dos grandes grupos, de identificación o reproducción de supuestos del modelo y las de explicación de fenómenos naturales, (valores promedio de 50% y 48%, respectivamente), mientras que la aparición de actividades de predicción de fenómenos es poco menos que anecdótica (2%) (gráfico 4).

GRÁFICO 4. Distribución del tipo de actividades



Analizando la distribución de este tipo de actividades en cada uno de los proyectos, se observa que en los proyectos P1, P2 y P3 el número de actividades de identificación o reproducción es muy superior a las actividades de explicar (prácticamente en la relación 2:1), mientras que en los proyectos P4, P5, P6 y P7, la relación se invierte y predominan las de explicar sobre las de identificar o reproducir.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Introducción del concepto de modelo científico como elemento de la actividad científica (PP1)

La mayoría de proyectos no dedica espacio editorial para tratar el concepto de modelo científico a pesar de ser un componente esencial de la actividad científica. Este hecho conduce a que los profesores hagan uso de sus conocimientos sobre modelos científicos en la ciencia (naturaleza y función) y estrategias para su enseñanza, que en ocasiones son limitados (Gutiérrez, 2014), pudiendo contribuir a hacer un uso superficial de modelo científico y dificultar su comprensión a los alumnos (Khan, 2011). Centrando la atención en el único proyecto que define tal concepto (P4) y atendiendo a la definición de Gutiérrez (2014), el tratamiento que hace es bastante escueto además de incompleto, puesto que no concreta a qué hace referencia la representación, en qué consiste e ignora el conjunto de nexos que determinan el comportamiento de las entidades del modelo. Además, no considera predecir como una de las funciones esenciales de un modelo científico.

Por otra parte, el hecho de que ninguno de los proyectos distinga entre modelo científico y modelo científico escolar, puede contribuir a que el profesorado asuma la versión propuesta por los libros de texto como adaptada a las posibilidades de los alumnos y no considere su revisión y análisis, además de dificultar que el alumno conciba la idea de la complejidad y progresión del conocimiento científico (Torres y Vasconcelos, 2017).

4.2. Cómo introducen el MCC y qué componentes ontológicos consideran (PP2)

Que todos los textos analizados utilicen el término “Teoría” en sus denominaciones y hagan escasa alusión a “modelo”, no contribuye a la distinción entre ambos por parte del profesor/alumno, ni a concebir el modelo científico como recurso con el que aprehendemos la realidad, y que puede estar en función de unos supuestos teóricos o de una teoría (Carvajal, 2002).

La introducción del MCC de forma directa sin tomar en consideración las ideas de los alumnos, no permite darles la oportunidad de expresar y discutir sus propias concepciones (modelos alternativos), de aprender a considerar las ideas científicas como hipótesis y no como certezas (Hierrezuelo y Hierrezuelo, 2020) y de conectar sus conocimientos con una primera aproximación al conocimiento científico y así, enriquecer sus modelos iniciales. Esto implicaría la intervención del profesor y la utilización de sus conocimientos y estrategias para promover la progresión del modelo original en los alumnos.

Por otro lado, el hecho de que la mayor parte de los textos justifique la introducción del MCC sin hacer distinción entre los niveles macroscópico y microscópico, podría dificultar/no contribuir a que los alumnos recurran a este modelo para interpretar en términos microscópicos (o submicroscópicos), las propiedades y cambios de la materia del mundo macroscópico y continuar explicando el funcionamiento de las partículas a partir de las propiedades del mundo macroscópico, limitando las oportunidades para que los alumnos realicen el proceso de redescrición representacional (Gómez-Crespo et al., 2004; Guevara y Valdez, 2004) y dejando el proceso de modelización al profesorado.

Considerando la definición ontológica de modelo científico (Gutiérrez, 2014), todos los textos hacen alusión a los componentes ontológicos para el MCC, aunque con una distribución espacial que puede llevar al profesor/alumno a no distinguir entre lo que es el modelo científico (entidades y sus propiedades + nexos) y lo que se puede explicar y predecir con dicho modelo (funciones del modelo), hecho que puede pasar desapercibido para aquellos profesores que presentan un conocimiento incompleto del concepto de modelo científico y de sus funciones esenciales (Gutiérrez, 2014; Oh y Oh, 2011). Por otro lado, las analogías utilizadas en algunos textos para introducir el MCC y de alguna manera, “visualizar” los supuestos del modelo, no están totalmente establecidas, necesitando de los saberes del profesor para evitar que los alumnos asignen propiedades macroscópicas a las entidades microscópicas, atribuciones que son persistentes en los alumnos (Talanquer, 2009), especialmente en aquellos cuya capacidad de pensamiento abstracto no está suficientemente desarrollada.

Por otro lado, no se aprecia la existencia de un consenso acerca de cuáles serían los constituyentes ontológicos del MCC que deberían hacerse explícitos a los alumnos, encontrando distintas versiones del modelo, cada una de las cuales introduce ideas más o menos abstractas y en mayor o menor número. La falta de consideración de determinados constituyentes del MCC sigue contribuyendo a no generar una enseñanza/aprendizaje deseable, a pesar de ser considerado un modelo básico en la enseñanza de las propiedades y comportamiento de la materia. Así mismo, se mantienen en el tiempo algunas ausencias conceptuales como: 1) la suposición de vacío (Benarroch, 1990), necesaria para superar las ideas de los alumnos de la existencia de algún tipo de soporte en el que están inmersas las partículas (Talanquer, 2009), limitando el desarrollo de ideas sobre la estructura de la materia (Pozo y Gómez-Crespo, 2005); 2) la cuantización de la distancia entre partículas, necesaria para explicar, por ejemplo, la compresión de los gases; 3) el que las partículas

son indeformables y de masa invariante; 4) el movimiento de las partículas puede ser de traslación, rotación y vibración.

Ante estos datos, cabría destacar la necesidad de consensuar los presupuestos del MCC que se explicitan en los textos escolares, circunstancia ya indicada por Benarroch (1990), pues solo así permitiría una evaluación de la eficacia de la enseñanza del modelo, función que ahora se encuentra en manos del profesorado que utiliza los libros de texto en sus clases como principal recurso de enseñanza. Otro tanto ocurriría con los contenidos macroscópicos que son explicados o predichos mediante la utilización del modelo.

Por otro lado, la inclusión del MCC se suele justificar en base a aquello que el modelo es capaz de explicar, pero no se explicitan los límites del mismo (lo que no es capaz de explicar), lo cual podría estar obstaculizando que los alumnos fuesen conscientes de cómo los científicos van creando nuevos modelos en la medida que se conocen las limitaciones de los precedentes, precisando por tanto la intervención del profesor.

4.3. Funciones del MCC que promueven las actividades (PP3)

Predominan las actividades de lápiz y papel en las que el alumno debe identificar o reproducir los supuestos del modelo o explicar fenómenos naturales, pero apenas se introducen actividades de predicción. Esto último podría limitar el modo de evaluar y definir las relaciones entre los conceptos construidos y los fenómenos observados (Roca, Márquez y Sanmartí, 2013), restringir las situaciones de enseñanza para trabajar las funciones esenciales (explicar y predecir) del modelo (Gutiérrez, 2014) y, por tanto, su contribución al desarrollo de la competencia científica de los alumnos.

Para finalizar, la explicitación de modelo científico como elemento de la práctica científica y de los constituyentes ontológicos del MCC que presentan los libros de texto seleccionados en este estudio, suponen un punto de partida para valorar cómo se introducen estos en las aulas.

La utilización de los constituyentes ontológicos que definen un modelo científico ha permitido delimitar deficiencias al abordar la enseñanza del MCC, pudiendo suponer un obstáculo para su aprendizaje (Fernández y Caballero, 2017).

La valoración del conjunto de libros realizada podrá contribuir a la mejora de la enseñanza y aprendizaje de modelo científico en general y del MCC en concreto y, por lo tanto, tendrá sentido si además se tiene en cuenta para avanzar en la formación inicial de profesores de Secundaria, así como, en la de actualización de profesores en activo, acerca de estrategias de modelización.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A ‘Semantic’ View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(10), 1593–1611. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7>
- Benarroch, A. (1990). Los estados de agregación de la materia en los libros de texto de EGB. *Publicaciones*, 17, 55 - 72.
- Benarroch, A. (2000). La teoría cinético-corpuscular de la materia y su justificación en el currículum obligatorio. *Publicaciones*, 30, 149-167.
- Bernardo, J. y Calderero, J.F. (2000). Investigación cuantitativa (4): Métodos no experimentales. En J. Bernardo, y J.F. Calderero (Eds.), *Aprendo a investigar en educación* (pp. 77-93). RIALP.
- Cancela, R., Cea, N., Galindo, G. y Valilla, S. (2010). *Metodología de la investigación educativa: Investigación ex post facto*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Cañal, P. (2012). La evaluación de la competencia científica requiere nuevas formas de evaluar los aprendizajes. En E. Pedrinaci (coord.) *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 241-267). Graó.

- Cartier, J., Rudolph, J. y Stewart, J. (2001). *The nature and structure of scientific models. Working paper. The National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science* (NCISLA). University of Wisconsin-Madison.
- Carvajal, A. (2002). Teorías y modelos: formas de representación de la realidad. *Comunicación*, 12(1), 1-14.
- Chen, X. (2011). Why do people misunderstand climate change? Heuristics, mental models and ontological assumptions. *Climatic Change*, 108(1-2), 31-46.
- Danusso, L., Testa, I. y Vicentini, M. (2010). Improving prospective teachers' Knowledge about scientific models and modelling: design and evaluation of a teacher education intervention. *International Journal of Science Education*, 32(7), 871-905. <https://doi.org/10.1080/09500690902833221>
- Decreto 220 de 2015. (Consejería de Educación y Universidades). Por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 2 de septiembre de 2015.
- Decreto 235 de 2022. (Consejería de Educación). Por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 7 de diciembre de 2022.
- Duit, R. (1999). Conceptual Change. Approaches in science education. En: W. Schnotz; S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on conceptual change*, (pp. 263-282). Elsevier Science.
- Fernández, M.P. y Caballero, P.A. (2017). El libro de texto como objeto de estudio y recurso didáctico para el aprendizaje: fortalezas y debilidades. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(1), 201-217. <https://doi.org/10.6018/reifop.20.1.229641>
- Fleis, J.L. y Cohen, J. (1969). Large sample standard errors of Kappa and weighted Kappa. *Psychological Bulletin*, 72(5), 323-327.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogía en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- Giere, R.N. (2010). An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172, 269-281. <https://doi.org/10.1007/s11229-009-9506-z>
- Gómez-Crespo, M.A., Pozo, J.I. y Gutiérrez-Julián, M.S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198-209.
- Gómiz, M., Aragón, M.M. y Oliva, J.M. (2022). Los modelos de inmunidad y vacunas en los libros de texto de la enseñanza obligatoria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 42, 155-174. <https://doi.org/10.7203/dces.42.21899>
- Guevara, M. y Valdez, R. (2004). Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. *Educación Química*, 15(3), 243-247.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Biografía- Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7 (13), 37-66. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7 num.13 biografia 37.66>
- Hierrezuelo, J.M. y Hierrezuelo, J. (2020). Las moléculas vistas o imaginadas. Una propuesta para la enseñanza de la teoría cinético-molecular. *Alambique*, 101, 16-22.
- Ibáñez, M. M., Romero, M.C. y Jiménez, M.P. (2019). ¿Qué ciencia se presenta en los libros de texto de Educación Secundaria? *Enseñanza de las ciencias*, 37(3), 49-71. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2668>
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.

- Jiménez, E., Benarroch, A., & Marín, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 577–598. <https://doi.org/10.1002/tea.20130>
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a “basic” particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393–412.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273–1292. <https://doi.org/10.1080/09500690210163198>
- Khan, S. (2011). What's missing in Model-Based Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 535–560. <https://doi.org/10.1007%2Fs10972-011-9248-x>
- Landis, J. y Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-74.
- Nakhleh, M.B., Smarapungavan, A. y Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581–612. <https://doi.org/10.1002/tea.20065>
- Nebot, M.R. y Márquez, C. (2019). El modelo cinético-corporcular y las prácticas científicas: una propuesta basada en la dilatación térmica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(2), 21-35. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.2.4625>
- Occelli, 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.
- Oh, P.S. y Oh, S.J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Pedrinaci, E. (2012). El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En E. Pedrinaci (coord.), *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 15-37). Graó.
- Perales, F.J. (2006). Pasado, presente y ¿futuro? De los libros de texto. *Alambique*, 48, 57-63.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (2002) Más allá del “equipamiento cognitivo de serie”: la comprensión de la naturaleza de la materia. En: M. Benlloch (Coord.), *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. (pp. 235-264). Paidós.
- Pozo, J.I. y Gómez-Crespo, M.A. (2005). The embodied nature of implicit theories: The consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23(3), 351–387.
- Quesada, P., Valcárcel, M.V. y Sánchez, G. (2005). Relación entre modelo de átomo de los estudiantes (16-17 años) y los diferentes modelos atómicos presentados en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, 1-5.
- Roca, M, Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: Una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 95-114.
- Sánchez G. (Coord.) (2016). *Los estados de agregación de la materia: una propuesta de enseñanza para 3º ESO basada en analogías*. Servicio de Publicaciones y Estadística. Consejería de Educación y Universidades de Murcia.
- Stevens, S.Y., Delgado C. y Krajcik, J.S. (2010). Developing a hypothetical multi-dimensional learning progression for the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 687–715. <https://doi.org/10.1002/tea.20324>
- Talanquer, V. (2009). On Cognitive Constraints and Learning Progressions: The case of “structure of matter”. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136. <https://doi.org/10.1080/09500690802578025>
- Torres, J. y Vasconcelos, C. (2017). Desarrollo y validación de un instrumento para analizar las visiones de los profesores sobre modelos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 181-198.

Treagust, D.F., Chandrasegaran, A.L., Crowley, J., Yung, B.H.W., Cheong, I.P.A. y Othman, J. (2010). Evaluating students' understanding of kinetic particle theory concepts relating to the states of matter, changes of state and diffusion: A cross-national study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 141–164. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9166-y>

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Valverde Pérez, M. y Solano Martínez, I. (2023). Modelo científico y modelo cinético corpuscular en libros de texto. Análisis ontológico. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 44, 141-160. DOI: 10.7203/DCES.44.24981

ANEXO 1. Instrumento para la identificación de los constituyentes ontológicos del MCC

CONSTITUYENTES ONTOLÓGICOS DEL MCC	Proyectos escolares						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
ENTIDADES							
Toda la materia está formada por partículas.							
Entre las partículas el espacio está vacío, es decir, entre ellas no hay nada							
PROPIEDADES							
Las partículas son indeformables.							
Las partículas son indivisibles.							
Las partículas son de masa invariante.							
Las partículas son muy pequeñas.							
Las partículas son distintas para cada sustancia pura.							
Las partículas se diferencian en su masa y volumen.							
NEXOS							
<i>Movimiento</i>							
Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.							
El movimiento puede ser de traslación, rotación y vibración.							
El movimiento tiende a desordenar las partículas y es responsable de la disgregación de la materia. Es decir, cuanto mayor es el movimiento de las partículas el desorden es mayor.							
<i>Movimiento/Temperatura</i>							
El movimiento en los gases (movimiento de traslación, rotación y vibración) es de mayor intensidad que en los líquidos (traslación, rotación y vibración) y mucho menor en los sólidos (sólo vibración).							
La temperatura está relacionada con el movimiento intrínseco de las partículas.							
Cuanto mayor es la temperatura mayor es el movimiento de las partículas.							
La temperatura es una propiedad del conjunto de partículas proporcional a la energía cinética media de las mismas.							
Cuando una sustancia eleva su temperatura, ello ocurre porque aumenta la energía de sus partículas. Ello equivale a decir que se mueven con una velocidad media mayor.							
<i>Fuerzas de cohesión</i>							

Las partículas están sujetas a interacciones o fuerzas de cohesión con otras.							
Las fuerzas de cohesión entre partículas pueden ser fuertes, débiles y extremadamente débiles, prácticamente inexistentes.							
Las fuerzas de cohesión tienden a ordenar las partículas en determinadas posiciones. Es decir, cuanto mayores son las fuerzas entre las partículas el orden de estas es mayor.							
Las fuerzas de cohesión en los sólidos son fuertes, mucho mayores que en los líquidos, que son débiles, y prácticamente inexistentes en los gases.							
<i>Posición/Distancias</i>							
La disposición –posición, orden y distancia- de las partículas en sólidos, líquidos y gases es el resultado de su movimiento y de las interacciones.							
En el caso de los gases, las partículas están bastante alejadas en comparación con su tamaño.							
En los gases, la distancia media aproximada entre partículas, en condiciones normales, es diez veces el tamaño de la partícula.							
En el caso de líquidos y sólidos, la distancia entre partículas es similar y mucho menor que en los gases.							
En los líquidos y sólidos, la distancia entre partículas es aproximadamente igual de grande que el tamaño de una partícula.							
En los gases las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas y se mueven al azar vibrando, rotando y trasladándose en todas direcciones.							
En los líquidos las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas, aunque menos que en los gases, y se mueven al azar, igual que en los gases, pero con menor intensidad.							
En los sólidos las partículas ocupan posiciones fijas, están ordenadas y no tienen movimiento de traslación ni rotación, sólo vibración.							
<i>Presión</i>							
Las partículas de un gas chocan continuamente entre ellas y con las paredes del recipiente.							
La presión ejercida por un gas sobre una superficie es el resultado del bombardeo de la superficie por muchas partículas.							
La presión ejercida por un gas es función del número de partículas, de la masa y de la velocidad media de las mismas.							
<i>Difusión</i>							
La difusión de una sustancia se debe al comportamiento al azar de las partículas individuales.							
La velocidad de difusión es mayor para los gases más ligeros que para los pesados.							

