

¿CÓMO SE ABORDAN LOS MINERALES EN LA ENSEÑANZA OBLIGATORIA? REFLEXIONES A PARTIR DE UN ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO

Ester Mateo, Beatriz Mazas, Pedro Lucha, Begoña Martínez Peña, Ángel Luis Cortés
Universidad de Zaragoza

Beatriz Bravo Torija
Universidad Autónoma de Madrid

RESUMEN: En la actualidad los minerales forman parte de nuestro día a día. Sin embargo, a pesar de su relevancia, el interés que presentan los estudiantes es reducido. Diversos autores señalan que puede deberse al tratamiento que reciben, bastante anquilosado y alejado de la realidad del alumnado. En este estudio se propone un modelo de mineral a partir del modelo de experto y los modelos derivados de los currículos oficiales de Educación Primaria y Secundaria (modelo escolar) sobre las relaciones que existen entre los minerales, sus propiedades, origen y usos. Una vez definido el modelo analizamos, en base a este, cómo lo tratan los libros de texto de la LOMCE. Encontramos que existe una carencia de propuestas que permitan al alumnado establecer dichas relaciones, lo que hace que, tras finalizar el sistema educativo, solo puedan adquirir un modelo incompleto del mismo.

PALABRAS CLAVE: modelo, mineral, currículo, libros de texto

OBJETIVO: En este trabajo buscamos caracterizar un modelo de mineral que integre, y relacione las propiedades de los minerales, con los usos a los que se destinan y su origen. Así, los objetivos principales son: 1) caracterizar el modelo de referencia de mineral y el modelo en el contexto escolar, 2) analizar cómo se abordan los minerales en los libros de texto de Primaria y Secundaria y 3) comparar dichos modelos. Este trabajo forma parte de un proyecto más amplio, en el que los resultados obtenidos se utilizan para diseñar una secuencia de aprendizaje que permita al alumnado trabajar los minerales en su contexto, relacionando de manera práctica las propiedades macro y microscópicas con sus usos, origen y formación.

MARCO TEÓRICO

El conocimiento de los minerales constituye un tema fundamental en la Enseñanza de Geología debido a que son los materiales que forman la parte inerte de la Tierra, soportan los procesos geológicos y constituyen la materia prima con la que fabricamos muchos objetos (Bravo, Mateo, Mazas, Lucha y Martínez-Peña, 2016; Regueiro, 2008). Esta relevancia hace que hayan aparecido de forma recurrente en toda la escolaridad y que desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) se haya investi-

gado sobre sus dificultades de aprendizaje. Resultados de estudios como el de Gallegos (1998) y Monteiro, Nóbrega, Abrantes y Gomes (2012) señalan que la mayoría de los alumnos tiene problemas para reconocer que los minerales poseen una estructura cristalina y una composición química determinada, considerándolos como muestras de pequeño tamaño, brillo intenso y de formas geométricas definidas. Respecto a sus usos, solo los relacionan con la construcción, ornamentación y joyería, sin reconocer que están presentes, por ejemplo, en muchos productos de limpieza o fármacos (Reguero, 2008). Un origen de estas dificultades podría encontrarse en la disparidad de definiciones existentes sobre el concepto de mineral (Gallegos, 1998). Otro, en el proceso de transposición didáctica del mineral a los libros de texto y en cómo se presenta al alumnado (Pedrinaci, 1996). Una de las principales críticas a cómo son tratados los minerales reside en la existencia de un enfoque demasiado academicista, fundamentalmente descriptivo y compartimentado (Jaén y Roca, 2016).

METODOLOGÍA

Para establecer el modelo de mineral de referencia se sigue el siguiente proceso: 1) se presenta en forma de mapa conceptual el modelo de mineral de un experto del área de Geología; 2) se revisa la bibliografía específica sobre el tema para: (a) contrastar los conceptos y relaciones plasmados en la versión inicial del modelo, con las relaciones que se establecen entre esos conceptos en la literatura especializada; y b) identificar qué elementos, o relaciones, estaban ausentes, añadiéndolos al mapa. Esta segunda versión es revisada por un grupo de expertos de Geología, que incluía doctores en mineralogía y en DCE, quienes cuestionaron algunas de las relaciones propuestas, modificándolas.

Con el objetivo de determinar la adecuación del modelo de referencia al contexto escolar, se contrasta con los currículos oficiales (LOE y LOMCE del BOE).

Finalmente, para identificar cómo se abordan los minerales en los libros de texto, se recoge una muestra de 16 libros EP (5º y 6º) y ocho de ESO (1º, 3º y 4º), pertenecientes a editoriales ampliamente distribuidas como Anaya, Vicens Vives, Santillana, Edelvives y SM. Para su análisis se emplea una adaptación de la herramienta propuesta por Mampel y Cortés (2012). Se realizó una clasificación en función de la presencia o no del concepto de mineral en los libros de texto, se identificó si la información sobre el concepto clave se trata en el texto o en las actividades. Además, se consideró cómo se trata el concepto, en este caso el mineral, considerando, entre otros aspectos, si la terminología utilizada es la adecuada. Para determinar las categorías de análisis se recurre al modelo de referencia que se discute a continuación.

RESULTADOS

Caracterización del modelo de mineral

En Primaria (tabla 1), la principal diferencia entre LOE y LOMCE reside en que en la LOMCE los contenidos relacionados con los minerales se encuentran en el área de Ciencias Sociales, lo que hace que el enfoque sea diferente respecto a lo previsto para este tipo de contenidos (Martínez-Peña, Calvo y Cortés, 2015). Por ejemplo, aunque aparece la identificación y clasificación de minerales en función de sus propiedades, no se establece relación entre éstas y los usos y utilidades, tratándose como distintos ítems.

Tabla 1.
Aspectos del currículo de Primaria relacionados con los Minerales

| | BOE | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | LOE ⁽¹⁾ | LOMCE ⁽²⁾ |
| Identificar y clasificar en función de sus propiedades | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Describir usos y utilidades | | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Los minerales en la litosfera | | <input checked="" type="checkbox"/> |

⁽¹⁾ Contenidos área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural

⁽²⁾ Contenidos área de Ciencias Sociales

Respecto a Secundaria (tabla 2), en la LOE se indica que la identificación se ha de hacer mediante claves y observación de *visu* y preparaciones microscópicas, reconociendo los minerales más abundantes en su entorno, mientras que en la LOMCE no se explicitan ambos aspectos. Por otra parte, únicamente la LOMCE recoge la gestión sostenible de los recursos minerales. En cuanto a las relaciones que se necesitan establecer para conseguir un modelo de mineral más completo (figura 1), no aparece ninguna referencia a ellas, ni implícita ni explícita.

Tabla 2.
Aspectos del currículo de Secundaria relacionados con los Minerales

| | BOE | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | LOE | LOMCE |
| Identificar y/o clasificar en función de sus propiedades | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Conocer los minerales más frecuentes del entorno | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Utilizar claves sencillas para conocer los minerales | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Observación de <i>visu</i> y de microscopio | | |
| Reconocer sus usos y utilidades | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Explotación y gestión de minerales | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Los minerales y estructura y composición de la Tierra | | <input checked="" type="checkbox"/> |

Considerando el análisis del currículo, en el mapa de experto, se marcan en sombreado los conceptos relevantes para adquirir un modelo completo de mineral y las relaciones que se establecen entre ellos (figura 1).

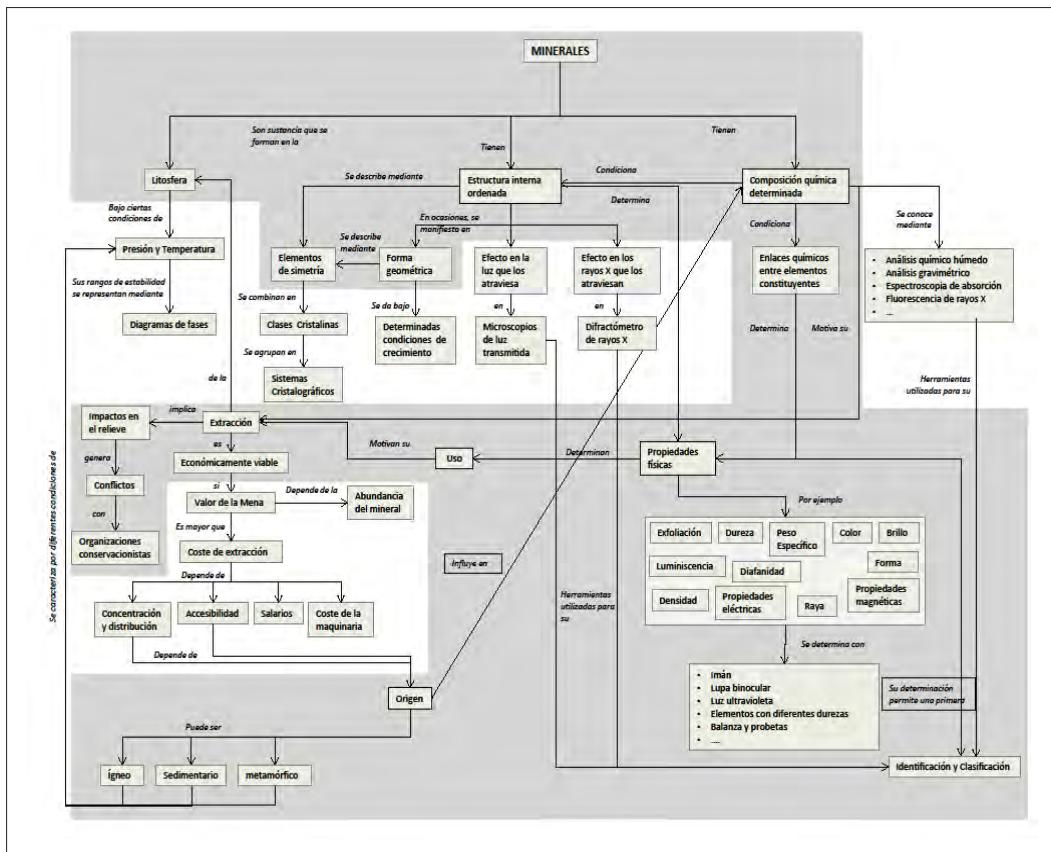


Fig. 1. Mapa conceptual Modelo de Mineral

De estas relaciones se derivan las cinco categorías de análisis de cómo se abordan los minerales en los libros de texto : 1) Identificación y clasificación de los minerales en función de sus propiedades macroscópicas; 2) Relación entre las propiedades macros y microscópicas (composición química y estructura cristalina); 3) Relación entre las propiedades macro/micro y los usos; 4) Relación entre los minerales y su entorno, uso y explotación y 5) Relación de las propiedades con su origen o formación.

¿Cómo se presenta el mineral en los libros de texto?

En la tabla 3 se muestra un resumen de los resultados:

Tabla 3.
Resultados de los libros de texto

| Categorías | 5º EP | 6º EP | 1º ESO | 3º ESO | 4º ESO |
|--|-------|-------|--------|--------|--------|
| Nº de libros | 9 | 7 | 4 | 1 | 3 |
| Identificación y clasificación según propiedades macroscópicas | 2* | 1* | 4 | 1 | |
| Relación macro - micro | | | 2 | | |
| Relación: macro/micro y usos | | | 4** | 1 | 1 |
| Relación: minerales y su entorno, uso y explotación | | 3 | | | |
| Relación propiedades, origen y formación | | | | | 1 |

*en el área de Ciencias Sociales. **principalmente se relaciona la composición química con el uso

En 5º se analizan cinco libros de la asignatura de Ciencias Naturales. En general, no se utiliza el término mineral de manera explícita y cuando se utiliza (solo una editorial) se hace de forma muy general “los minerales son sustancias naturales obtenidas del suelo”. Además, utilizan los minerales como ejemplo para: los estados de los materiales (hielo como ejemplos de sólidos); algunas de sus propiedades (diamante como ejemplo de material duro); o tipo de sustancias (oro, como ejemplo de sustancias puras). Dada la actual escisión de Conocimiento del Medio en Ciencias Naturales y Sociales, hemos analizado también cuatro libros de Sociales. En la mitad de ellos, el mineral se define como constituyente de las rocas, señalando propiedades como forma, dureza o densidad.

En 6º se analizan tres libros de Naturales. Todos ellos citan mineral de manera explícita y ponen ejemplos como oro y sal cuando hablan de sustancias puras o se nombra a los metales y se relacionan con sus usos en joyería y herramientas. Solo en la editorial (Ed.) Vicens Vives está definido mineral, aunque parcialmente: “un mineral es cada uno de los componentes de las rocas con una composición y unas propiedades características”. En Sociales, solo en uno de los cuatro libros analizados aparece el término mineral, relacionando su identificación con sus propiedades de manera teórica, pero sin explicar las propiedades, ni poner ejemplos. En la Ed. Vicens Vives encontramos un ejemplo que aborda la fabricación de lápices y la extracción del grafito, pero no se menciona si es un mineral, ni la relación entre sus propiedades y usos.

En 1º E.S.O. se analizan cuatro libros. En todos ellos aparece el mineral en el tema de la Geosfera, tanto en el texto como en las actividades. Además, por primera vez, se relacionan los usos de los minerales con su composición química, un ejemplo lo encontramos en la Ed. SM “minerales de los que se extraen metales que empleamos a diario como el hierro, el cobre o el aluminio”, y se complementa relacionándolo con los usos a los que se destina, por ejemplo, los minerales de hierro con la elaboración de clavos, o los de cobre con la construcción de tuberías. En dos libros encontramos una relación explícita entre las propiedades macro y micro de los minerales, señalando su composición y estructura “Las propiedades de un mineral son únicas y dependen de su composición y de cómo se unen sus componentes”, aunque no presentan ejemplos. En este nivel, las actividades incluyen tareas que solicitan describir las propiedades de los minerales e identificarlos en fotografías, buscar información y observar sus usos en objetos cotidianos, pero en ningún libro son propuestas prácticas concretas.

En 3º E.S.O. se analiza solo un libro perteneciente a la editorial Santillana, donde aparece el concepto de mineral de forma explícita y se señalan las propiedades físicas y las propiedades químicas que permiten identificarlo. Solo en un caso se relaciona con sus usos: “la sepiolita es muy higroscópica, por lo que se utiliza como arena de gatos”.

En 4º E.S.O. se analizan un libro de Biología-Geología, uno de Cultura Científica y otro de Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional, todos de Santillana. En el primero, aparecen ejemplos de minerales relacionados con las propiedades de los materiales o con materias primas. Tanto en Cultura Científica como en Ciencias Aplicadas se cita el concepto de mineral, pero no se define. Únicamente se hace referencia a impactos de los minerales sobre el suelo, o a su aplicación en la nanotecnología, apareciendo un dibujo de las redes tridimensionales del grafito y del diamante. Aparece un nuevo apartado, “laboratorio de Geología”, donde se exponen los modelos cristalográficos de los minerales, pero no se relacionan con sus propiedades y usos.

Por último, también se identifican errores conceptuales en todos niveles educativos. Por ejemplo, existen problemas con el concepto cristal, definiéndolo como aquel mineral que presenta formas poliédricas, cuando todos los minerales son cristales y no todos los cristales son idiomorfos. Consideramos que esto es debido a que no se reconoce la importancia de la estructura interna de los minerales ni al definirlos, ni al determinar sus propiedades y usos. Otros errores comunes son considerar la bauxita o el carbón como mineral cuando son rocas (“la bauxita es un mineral del que se extrae Aluminio”), o el uranio y el plutonio como minerales cuando son elementos químicos.

CONCLUSIONES

Si nos atenemos al modelo experto y a las propuestas curriculares encontramos que, para adquirir un modelo completo de mineral, este debería relacionar los aspectos de composición química y estructura interna ordenada que determinan sus propiedades físicas, lo que les hace adecuados para unos usos concretos. Además, se ha de considerar que su conformación y composición están condicionadas por los ambientes de formación. Sin embargo, en el análisis del currículo de la enseñanza obligatoria no se aprecia una secuencia de profundización progresiva en ese modelo de mineral. Esto mismo se observa en el análisis de los libros de texto, en el que encontramos que mientras la identificación y clasificación de los minerales está presente en la mayoría de niveles educativos, el establecimiento de relaciones entre las propiedades y sus características microscópicas solo aparece en 1º de ESO, y su relación con su origen solo en 4º de ESO. Por tanto, es necesario revisar, como señala Pedrinaci (1996), el proceso de transposición didáctica del mineral a los libros de texto para adecuarlo al modelo de mineral que queremos que adquieran nuestros estudiantes. Es por ello que, a partir de los resultados obtenidos, se ha realizado una secuencia de aprendizaje sobre la construcción de mineral en base al modelo propuesto (Bravo et al., 2016).

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto JIUZ-2015-CIE-04 (financiado por la Universidad de Zaragoza e Ibercaja) y a los proyectos EDU2015-66643-C2-2-P y EDU 2016-76743 P (financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad), y a los grupos de investigación RODA y BEAGLE (Instituto de Investigación de Ciencias Ambientales).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO, B., MATEO, E., MAZAS, B., LUCHA, P. y MARTÍNEZ-PEÑA, M.B. (2016). Promover la competencia de modelización a través de la construcción del modelo de mineral. *XIX Simposio sobre Enseñanza de la Geología*, 85-95, Ed. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

- GALLEGOS, J. A. (1998). La construcción del concepto de un mineral: bases históricas y un diseño de enseñanza-aprendizaje. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, 16(1), 156-167.
- JAÉN, M. y ROCA, M. L. (2016). *El enfoque de los contenidos sobre rocas y minerales en los libros de texto de 1º de ESO*. 27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, 1367-1374.
- MAMPEL, L. y CORTÉS, A.L. (2012). El concepto “dinosaurio” en los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(3), 239-248.
- MARTÍNEZ PEÑA, B., CALVO, J.M. y CORTÉS, A.L. (2015). De la estabilidad al continuo cambio inapreciable. La situación de la geología en la enseñanza obligatoria. *Alambique*, 79, 9-16.
- MONTEIRO, A., NÓBREGA, C., ABRANTES, I. y GOMES, C. (2012). Diagnosing Portuguese students' misconceptions about the mineral concept. *International Journal of Science Education*, 34(1), 2705-2726.
- PEDRINACI, E. (1996). Sobre la persistencia o no de las ideas del alumnado en geología. *Alambique*, 7, 27-36.
- REGUEIRO, M. (2008). Los minerales industriales en la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(3), 276-286.

