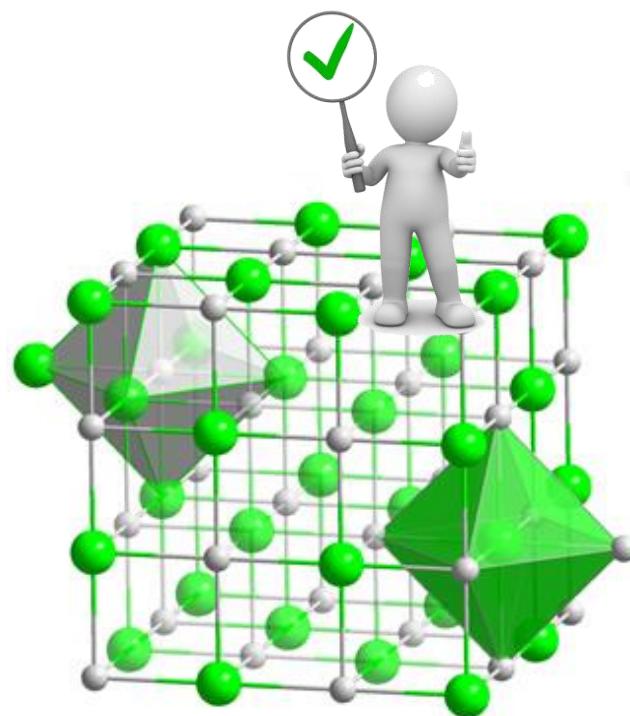


¿Cómo tratamos a los minerales? Análisis del modelo de mineral en la Educación Secundaria Obligatoria

How do we treat minerals?
Analysis of the mineral model in the compulsory
secondary education

Autora: Elisa Laita Florián

Directora: Ester Mateo González



ÍNDICE

1. Introducción y objetivos.....	1
2. Marco teórico	2
2.1. La importancia de los minerales.....	2
2.2. Los modelos en la enseñanza de las ciencias y el modelo de mineral	3
2.3. Las ideas alternativas en la enseñanza de las ciencias y sobre los minerales .	5
2.4. La importancia del currículo en la enseñanza de las ciencias	6
2.5. La influencia de los libros de texto en el aprendizaje del modelo de mineral	7
3. Metodología.....	9
3.1. Análisis del currículo oficial.....	9
3.2. Análisis de contenidos.....	10
4. Resultados	13
4.1. Currículo oficial en la etapa de Educación Secundaria	13
4.2. Análisis de contenidos.....	18
5. Conclusiones y propuestas de mejora.....	29
6. Bibliografía	31
7. Anexos	35
Anexo 1: Libros de texto analizados	35
Anexo 2: Tablas comparativas del currículo oficial de enseñanza de Educación Secundaria Obligatoria	37
Anexo 3: Análisis de libros de texto	41

1. Introducción y objetivos

Los minerales son los materiales que forman las rocas de la corteza y del interior de la Tierra. Gracias a ellos se ha obtenido una gran cantidad de información acerca de muchos de los procesos geológicos que actúan en nuestro planeta. Además, se utilizan en la fabricación de muchos de los productos que consumimos en nuestro día a día, desde alimentos hasta aparatos electrónicos.

Dada la importancia que tienen los minerales, constituyen un tema interesante para tratar durante toda la escolarización. Sin embargo, diversos estudios muestran que ya desde Educación Primaria, los alumnos presentan dificultades a la hora de entender el modelo de mineral en su totalidad (Gallegos, 1998; Monteiro, Nóbrega, Abrantes y Gomes, 2012; Regueiro, 2008).

Estas dificultades pueden deberse, entre otros factores, a la variedad de definiciones que existen sobre el concepto de mineral y a la transposición didáctica de este término a los libros de texto (Mateo et al., 2017). Además, los minerales constituyen un tema que se suele tratar de manera teórica en las aulas y, en muchas ocasiones, no se tienen en cuenta las ideas alternativas de los alumnos, algo que resulta fundamental, especialmente en didáctica de las ciencias.

Para llevar a cabo este trabajo se ha analizado el currículo oficial de enseñanza de Educación Secundaria y una serie de libros de texto de Educación Secundaria Obligatoria de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). El objetivo que se persigue es analizar el grado de conocimiento que actualmente pueden llegar a adquirir los alumnos sobre el modelo de mineral según como se establecen los contenidos en el currículo oficial de enseñanza y cómo se abordan en los libros de texto que utilizan los profesores en el aula. Además de este análisis, se proponen posibles mejoras a la hora de tratar los diferentes contenidos que engloba el modelo de mineral.

Para realizar este análisis se ha utilizado como referencia un modelo científico de mineral basado en las cuatro dimensiones que proponen Cañal, García-Carmona y Cruz-Guzmán (2016) para lograr una alfabetización científica. Las dimensiones propuestas por estos autores han servido de base para establecer los elementos competenciales que se consideran necesarios para comprender el modelo de mineral en su totalidad. Todo ello será comparado con lo expuesto en el currículo oficial de enseñanza y en los libros de texto analizados.

2. Marco teórico

2.1. La importancia de los minerales

La historia de la Humanidad ha estado unida a los minerales desde su inicio. Por ejemplo, en el Paleolítico ya se utilizaban determinados minerales para fabricar algunas armas y herramientas.

Según Gallegos (1996), la primera vez que se utilizó la palabra “mineral” se remonta a una traducción latina de una tratado de Avicena incluido en su “Libro de los Remedios” (1000) que se tradujo como “De mineralibus” (que crea la palabra latina “mineral-is”).

En el siglo XX aparecieron muchos autores especializados en Mineralogía que incluían una definición del concepto de mineral e, incluso una discusión de su alcance, sus limitaciones o sus implicaciones. Además, se descubrieron nuevos minerales y elementos químicos gracias al empleo de nuevas técnicas, así como a la explotación de nuevos recursos.

Dado que para el desarrollo de este trabajo se ha analizado el modelo de mineral en el currículo oficial de enseñanza de Educación Secundaria y en los libros de texto, es necesario especificar por tanto qué son los minerales. Si bien es difícil dar una definición breve y universalmente aceptada de este término, la propuesta por Berry, Mason y Dietrich (1983) es una de las más utilizadas y está ampliamente extendida. Según estos autores:

“Un mineral es un sólido natural, formado normalmente por procesos inorgánicos, con una estructura interna ordenada y una composición química y propiedades físicas determinadas, que pueden variar dentro de un intervalo definido”.

La importancia geológica de los minerales radica en que constituyen un registro de las condiciones de su ambiente de formación y por lo tanto de los procesos que tienen lugar en nuestro planeta. Al estudiarlos se pueden deducir temperaturas, presiones y otras condiciones fisicoquímicas de interés para el conocimiento de la Tierra. Además, los minerales que contienen elementos radiactivos han sido utilizados para datar la edad de la Tierra y el Universo, así como para construir la escala del tiempo geológico.

Los minerales también son necesarios para fabricar muchos productos utilizados en nuestro entorno diario más cercano y son imprescindibles en el mundo moderno, ya que sin ellos la sociedad en la que vivimos no sería posible (Santo y Curto, 2008; Regueiro, 2008).

Por ello, es necesario saber valorarlos y comprender que deben extraerse para poder utilizarlos, a pesar del impacto ambiental que las explotaciones producen. De hecho, actualmente existen normativas muy estrictas sobre el impacto que puede producir una explotación minera, que incluyen una reglamentación de la composición de los vertidos líquidos, de las emisiones de polvo, de ruidos, de restitución del paisaje, etc. Además, los minerales también producen un impacto socioeconómico, es decir, una alteración sobre los modos de vida y la economía de la región en la que se implanta, que pueden ser en unos casos positivos y en otros, negativos.

2.2. Los modelos en la enseñanza de las ciencias y el modelo de mineral

Por modelización se entiende el proceso de elaboración de un modelo mental, que cada alumno genera de manera personal a través de sus razonamientos y sus experiencias (Justi, 2006).

La modelización es esencial en ciencias (Schwarz et al., 2009). Según estos autores, un modelo es una “representación abstracta y simplificada de un sistema que se centra en sus características centrales para explicar y predecir fenómenos científicos”.

En el ámbito científico, los modelos cumplen un rol fundamental en la construcción del conocimiento y en la enseñanza de las ciencias (Raviolo, Ramirez y López, 2010). De hecho, Gilbert (1991) considera que la ciencia es un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos y que el valor de esta definición de ciencia depende de la conceptualización que se tenga de modelo.

Al construir modelos científicos escolares no se busca formar pequeños científicos sino conseguir en ellos una alfabetización científica, es decir, una “ciencia para todos” (Reid y Hodson, 1993). Esto se puede conseguir dando a los alumnos herramientas que les ayuden a interpretar la variedad de hechos que observan en su vida diaria. Con estos modelos lo que se pretende es que los alumnos vean el sentido de los conocimientos científicos y que les proporcionen autonomía en el momento de pensar, hablar y decidir sobre los fenómenos del mundo (Sanmartí, Márquez y García, 2002).

Para la enseñanza de las ciencias, un factor determinante es la selección y organización de los contenidos (Cañal et al., 2016). En el caso de la Geología, por ejemplo, se debería diferenciar entre el estudio de hechos y datos, como puede ser por ejemplo conocer las propiedades de los materiales terrestres, de las explicaciones e interpretaciones de los procesos geológicos, como por ejemplo el dinamismo terrestre (Jaén y Roca, 2016). Además, otro problema relacionado con los contenidos de Geología es que se les presta una atención menor en relación con otras asignaturas y que, por lo general, se suelen trabajar menos contenidos geológicos de los que figuran en el currículo (Pedrinaci, 2012).

Según la “Earth Science Literacy Initiative”, una persona alfabetizada en Ciencias de la Tierra es aquella que comprende los conceptos y procesos fundamentales en Ciencias de la Tierra, sabe buscar y valorar información creíble sobre la Tierra, comunica sobre las Ciencias de la Tierra de forma significativa y es capaz de tomar decisiones fundadas y responsables sobre la Tierra y sus recursos.

Aunque no se cita explícitamente, en todos estos aspectos participan en menor o menor medida los minerales y dada su importancia, a continuación se propone una forma de tratar los contenidos relacionados con ellos utilizando las cuatro dimensiones que proponen Cañal et al. (2016). Según estos autores, estas dimensiones contribuyen a la alfabetización científica y sirven para hacer operativo el desarrollo educativo de la competencia científica (tabla 1).

Dimensiones	Elementos competenciales
Conocimientos científicos	-Utilizar el conocimiento científico para entender qué es un mineral, qué procesos originan los minerales, cuáles son sus propiedades, que usos derivan de ellas, comprender su importancia y los impactos que puede generar su explotación.
Conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia	-Comprender por qué se estudian los minerales y que importancia tienen. -Entender cómo se ha elaborado el modelo científico de mineral y por qué se ha ido modificando a lo largo de los años.
Habilidades propias de la actividad científica	-Observar y comparar las propiedades de los minerales, utilizarlas para clasificar y para identificar minerales. -Buscar y seleccionar información sobre los minerales. -Argumentar, justificar y debatir que usos pueden tener los minerales en base a sus propiedades y cuál es su importancia económica y social.
Actitudes relacionadas con la ciencia y sus repercusiones	-Interesarse por cuestiones relacionadas con estudios actuales sobre minerales. -Valorar la influencia social del uso de los minerales y su explotación. -Responsabilizarse con la adopción de medidas que eviten el agotamiento de los minerales o que eviten el impacto ambiental como consecuencia de su explotación.

Tabla 1: Dimensiones genéricas de la competencia científica para el modelo de mineral (Basado en Cañal et al., 2016).

Todos estos elementos competenciales no son una destreza ni un conocimiento teórico, sino una noción que integra conocimientos teóricos, prácticos y aptitudes. Las competencias suponen la capacidad de usar los conocimientos para resolver tareas en diferentes contextos. Además, no son algo que una persona posea, sino que se consideran un continuo que admite muchos grados de adquisición (Pedrinaci, 2013). Por todo ello, a la hora de trabajarlas, los alumnos tienen que aprender una serie de conceptos que deberían enseñarse mediante situaciones de aprendizaje intencionadas (De Pro, 2013).

Desde un punto de vista didáctico, la variedad de definiciones que existen para el término “mineral” puede deberse a las imprecisiones en el concepto, a las dificultades de comprensión, al desconocimiento del estudio, o a las diferencias de acepción entre conceptos de ciencias vecinas (Gallegos, 1996). Todo ello conlleva consecuencias importantes para la compresión de conceptos muy importantes en mineralogía como por ejemplo la diferencia entre “mineral” y “roca”, las diversas variedades minerales y la diferencia entre “polimorfismo e isomorfismo”.

Estudios previos muestran que los alumnos presentan problemas a la hora de entender el modelo de mineral. Según Gallegos (1998) y Monteiro et al. (2012), la mayoría de los alumnos tienen dificultades para reconocer que poseen una estructura cristalina y una composición química determinada. Además, únicamente relacionan los usos de los minerales con la construcción, ornamentación y joyería y no reconocen que están presentes, por ejemplo, en muchos productos de limpieza, fármacos o alimentos (Regueiro, 2008).

Todas estas dificultades pueden estar relacionadas con la gran variedad de definiciones que existen sobre el concepto de mineral, así como a la transposición didáctica del mineral a los libros de texto y en cómo se presenta al alumnado (Mateo et al., 2017).

2.3. Las ideas alternativas en la enseñanza de las ciencias y sobre los minerales

Las ideas previas se desarrollan desde edades muy tempranas y se mantienen a lo largo de los años (Cañal et al., 2016). Constituyen lo que el estudiante ya sabe cuándo se acerca a un nuevo conocimiento o a una tarea, pero existen importantes diferencias, algunas de ellas esenciales en relación con su origen, organización, funcionalidad, etc. (Pedrinaci, 1996).

Según este autor, en ocasiones ha sido necesario distinguir entre las ideas de los alumnos relacionadas con el conocimiento cotidiano y las relacionadas con el conocimiento escolar. Sin embargo, la separación entre ambos tipos de conocimiento

no siempre es clara y, además, dentro de cada una de estas dos categorías no todos los conocimientos se generan por los mismos procesos, existiendo marcadas diferencias de coherencia, estabilidad y funcionalidad.

En relación a las ideas previas en la enseñanza de las ciencias, según Cañal et al. (2016) algunas de las concepciones de los alumnos se podrían considerar como “erróneas” si se comparan con el pensamiento científico, ya que no coinciden con lo que la ciencia postula. Sin embargo, estas ideas tienen sentido para ellos y en ocasiones son paralelas a las teorías precientíficas ya que reproducen algunas ideas que han tenido otros científicos en épocas pasadas.

Por ello, si se acepta como base de partida que los alumnos tienen sus propias teorías para explicar sus propios esquemas conceptuales, se llega a la conclusión de que el proceso de aprendizaje científico debe consistir en cambiar estas ideas previas por los conceptos que manejan los científicos (Bruner, Goodnow y Austin, 1978; Vygostky, 1979).

Para detectar ideas previas se deben organizar situaciones en las que los alumnos pongan de manifiesto sus ideas, introducir hechos discrepantes con esas ideas previas, originar un “diálogo socrático”, estimular la elaboración de esquemas conceptuales correctos y practicar el empleo de las nuevas ideas en situaciones diversas (Gallegos, 1998).

En lo referente a las ideas previas que pueden tener los alumnos sobre los minerales, un estudio previo realizado por Arillo et al. (2013) muestra que los alumnos de Educación Primaria describen los minerales como elementos de colores llamativos, brillantes, pequeños, duros y/o “bonitos”. Según indican estos autores, un buen número de niños los describen como fases que hacen alusión al hábito poliédrico, con formas impresionantes, con forma de cubo o brillante, con caras, con pinchos, etc. Además, también los clasifican como valiosos.

Según estos autores, algunos alumnos identifican minerales y rocas básicamente por su apariencia y desconocen su origen y los productos derivados de los mismos. Por otro lado, otros son capaces de reconocer que los minerales forman las rocas y son capaces de señalar el origen mineral de materiales como el vidrio, metales y derivados del petróleo.

2.4. La importancia del currículo en la enseñanza de las ciencias

Según Escamilla (2009), el currículo es un “conjunto ordenado de los elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje que se encuentran vinculados entre sí en términos de interrelación e interdependencia”. Sus bases y fundamentos son la

premisa teórica y metodológica que, además de expresar las posiciones dentro del proceso de diseño, ejecución y evaluación del currículo, también orienta el propio proceso (Silverio, 2005).

El currículo no debe ser una normatividad externa impuesta al centro educativo o un sistema organizado de lineamientos construidos por expertos sin la participación de la comunidad educativa, sino que debe ser un proceso de construcción colectiva. Según Gimeno (1991) el valor de cualquier currículo se contrasta en la realidad en la que se realiza, en el cómo se concrete en situaciones reales. Al expresarse a través de una praxis, cobra significado para los alumnos y para los profesores en las actividades que unos y otros realizan.

Sin embargo, la problemática curricular genera una preocupación fundamental en nuestros días, la búsqueda de una educación formativa y el dejar atrás concepciones sumativas y extremadamente cuantitativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje incluye sin lugar a dudas la perspectiva con que abordemos el currículo, por lo que se resulta un tema primordial en el trabajo de los profesionales de las ciencias de la educación.

Una de las finalidades de la enseñanza de las ciencias es la construcción de modelos de ciencia escolar y a partir de ese enfoque se debería considerar el diseño del currículo. Ya que dentro del currículo es donde se encuentra el tránsito del conocimiento científico al conocimiento escolar (Chevallard, 1985), analizar el modo en el que se tratan los contenidos científicos que en él se abordan tiene gran relevancia a la hora de comprender como se presentan posteriormente los modelos científicos en los libros de texto y en el aula.

2.5. La influencia de los libros de texto en el aprendizaje del modelo de mineral

Los libros de texto son las herramientas utilizadas para traducir y concretar los significados incluidos en el currículo (Gimeno, 2005). Sin embargo, también constituyen recursos de gran impacto ya que no solo responden a principios educativos, sino también comerciales. Este hecho genera problemas que se reflejan en la existencia de textos inadecuados que en ocasiones presentan visiones distorsionadas del conocimiento científico como consecuencia de malas interpretaciones en las traducciones, de transposiciones didácticas que deforman los conceptos o por la falta de control de los revisores que los examinan antes de su venta (Apple, 1989).

A pesar de la gran variedad de materiales didácticos de los que se dispone en la actualidad, el libro de texto sigue siendo el recurso educativo que más utilizan los

profesores en las aulas, ejerciendo una gran influencia en el aprendizaje del estudiante (Santano y Ferreiro, 2008).

Además, pueden jugar un papel relevante en la enseñanza, ya que son los conocimientos directos que se abordan en el aula, de los ejemplos que se utilizan, de las actividades que se desarrollan y de los problemas que se proponen y que resuelven los alumnos (Palacios, 2017).

En relación con la enseñanza de las ciencias, según Chevallard (1985), al utilizar los libros de texto se lleva al aula el saber de los científicos más o menos transformado. Sin embargo, a pesar de que esas transformaciones y simplificaciones permiten acercar los contenidos científicos a un nivel de complejidad y abstracción más próximo al alumno, el resultado final no siempre es el que se espera. Según Cortés (2006), la simplificación conceptual debería tener como objetivo facilitar la comprensión, haciendo lo posible por evitar las construcciones incorrectas. Además, el tratamiento que se da en ocasiones a los conceptos en los libros de texto, influye en la generación de ideas alternativas (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Por otro lado, la concentración de información en los libros de texto puede llevar a un aprendizaje memorístico (Prat e Izquierdo, 2000) y a una inadecuada transposición del saber, llegando a generar o reforzar modelos alternativos en los alumnos que se alejan de aquellos aceptados por la comunidad científica (De la Gándara, Quílez y Sanmartí, 2002).

En el ámbito de la didáctica de las ciencias existen numerosas investigaciones en las que se analizan libros de texto con enfoques y propósitos muy diversos (Jiménez Valladares, 2000). En concreto, en relación con los minerales, un estudio realizado por Jaén y Roca (2016) en libros de texto de 1º de la ESO revela que la estructura disciplinar de los textos que se incluyen puede disminuir la motivación de los alumnos y generar unas explicaciones monótonas que se alejan de la vida cotidiana. Según estos autores, esto es debido a que son textos muy tradicionales que se limitan a plantear simplemente los contenidos teóricos sobre los minerales y no tienen en cuenta lo que piensan los estudiantes sobre ellos ni establecen una secuencia razonable de los contenidos.

Si bien estos autores estudiaron el modelo de mineral en los libros de 1º de la ESO, en este trabajo se han analizado libros desde 1º de la ESO hasta 4º de la ESO. El hecho de examinar cómo se trata el modelo de mineral, incluyendo las imágenes y las actividades que aparecen en libros de texto de toda la Educación Secundaria Obligatoria, así como realizar una comparación con un modelo de experto, puede ayudar a inferir las dificultades que presentan los alumnos a la hora de comprender el modelo de mineral.

3. Metodología

Para abordar este estudio, se ha analizado el currículo oficial de enseñanza de Educación Secundaria Obligatoria de Aragón (BOA) y de España (BOE) dentro de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE).

También se han analizado varios libros de texto de diversas editoriales y niveles académicos de Educación Secundaria Obligatoria de la asignatura de Biología y Geología con el objetivo de estudiar cómo se trabaja en ellos las propiedades, clasificación y usos de los minerales.

A lo largo del análisis se han comparado los resultados obtenidos del currículo y los libros de texto con el modelo científico de mineral que se ha construido en base a las cuatro dimensiones propuestas por Cañal et al. (2016) y que ha sido expuesto anteriormente en el apartado 2.2 de este trabajo.

3.1. Análisis del currículo oficial

El análisis del currículo se ha realizado con el fin de conocer en qué asignaturas se incluyen actualmente contenidos relacionados con los minerales, así como para analizar cómo se tratan dichos contenidos y cómo evolucionan a lo largo de los diversos cursos de Educación Secundaria.

Además, con este análisis también se pretende establecer las diferencias entre los contenidos, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables que existen entre ambos currículos a lo largo de los diversos cursos.

Si bien se ha analizado la presencia del término mineral en todo el currículo, con el fin de obtener un mejor análisis de los contenidos de la asignatura de Biología y Geología (de la cual se han revisado los libros de texto), se han establecido una serie de dimensiones para comparar los contenidos que aparecen en el BOE y en el BOA:

1. Conocer las propiedades de los minerales
 - 1.1. Conocerlas de forma teórica
 - 1.2. Conocerlas de forma práctica
2. Conocer criterios para clasificar los minerales
3. Saber identificar minerales
 - 3.1. Identificar minerales en base a sus propiedades
4. Conocer los usos de los minerales
 - 4.1. Deducir los usos de los minerales según sus propiedades
5. Conocer la importancia económica y gestión sostenible de los minerales
 - 5.1. Deducir la importancia económica de los minerales según sus usos

3.2. Análisis de contenidos

Se han analizado un total de 15 libros de Educación Secundaria Obligatoria que pertenecen a 5 editoriales diferentes (Anaya, Edelvives, Santillana, Savia SM y Vicens Vicens).

Se eligieron estas editoriales porque los libros de 1º de la ESO, 3º de la ESO y 4º de la ESO de todas ellas estaban disponibles, ya que formaban parte del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación de la Universidad de Zaragoza y del Departamento de Biología y Geología del Colegio Obra Diocesana Santo Domingo de Silos de Zaragoza. Durante el análisis, los libros han sido siglados (Anexo 1) con el fin de abreviar el nombre de las editoriales.

Para realizar el análisis del contenido en este estudio, se ha diseñado el siguiente cuestionario específico basado en los ítems que utilizó Cortés (2016) para analizar el concepto de “permeabilidad”:

1. Ausencia o presencia del término “mineral”. Si/No

Permite diferenciar aquellos libros que incluye el término “mineral” frente los que no lo hacen. Solo el primer conjunto formará parte del análisis posterior y, por tanto, se someterá al estudio del resto de parámetros.

2. a. ¿Se define conceptualmente? Si/No

Con este ítem se pretende saber si existe una definición formal del concepto de mineral en aquellos libros que aluden de forma explícita el término.

2. b. Calidad de la definición. Completa/Semicompleta/Incompleta

Se ha considerado que la definición es “completa” cuando además de definir qué es un mineral y explicar cada aspecto de la definición, se hace referencia a ejemplos que aclaren el significado del término tratado o se incluyen imágenes descriptivas o ilustradoras de modelos que ayuden a los alumnos a entender qué es un mineral. El calificativo “semicompleta” se ha asignado a aquellas definiciones que sí que explican cada aspecto de la definición pero únicamente de forma teórica, es decir, sin añadir ningún ejemplo aclaratorio, imágenes etc. Por último, se ha considerado que la definición es “incompleta” cuando solo se limita a definir qué es un mineral y no entra en detalle de ninguno de los aspectos que incluye la definición.

3. ¿Se explican las propiedades macroscópicas y microscópicas? Si/No

Permite diferenciar los libros que identifican las diversas propiedades que tienen los minerales y los que no. Se incluyen en la categoría “si” aquellos libros que expliquen al menos 4 o 5 propiedades macroscópicas como el color, el brillo, la dureza etc... y nombren algunas propiedades microscópicas como la composición química o la estructura interna.

4. a. ¿Se clasifican los minerales? Si/No

Permite distinguir entre los libros de texto que clasifican los minerales y los que no.

4. b. Criterios de clasificación. Por sus usos/Composición química

Dentro de los libros que incluyen una clasificación de los minerales, este ítem permite diferenciar si esa clasificación se ha hecho en base a sus usos o a su composición química.

5. a. ¿Se indican los usos? Si/No

Permite discernir entre los libros que indican usos de los minerales y los que no.

5. b. ¿Existe relación entre las propiedades y los usos? Total/Parcial/Nada

Con este ítem se pueden diferenciar aquellos libros que indican las propiedades de determinados minerales haciendo referencia al uso que se les puede dar gracias a ellas.

Por ejemplo, el grafito se utiliza para hacer las minas de los lapiceros porque debido a su exfoliación en láminas deja una raya negra, la composición química del hematites (FeO_3) hace que sea mena de hierro, etc.

Se considera que la relación es “total” cuando se explican los usos que pueden tener los minerales según sus propiedades. La categoría de “parcial” se asigna a aquellos libros en los que se explique alguna de las propiedades de los minerales junto a sus usos (aunque no se justifique que esa propiedad le confiere ese uso). Por último, se ha utilizado la categoría “nada” para los libros en los que se explican los usos de los minerales sin hacer alusión a ninguna propiedad de éstos.

6. ¿Qué tipo de imágenes se incluyen? Motivadoras/Cognitivas/Ambas

Permite diferenciar si las imágenes que se incluyen en los libros de texto tienen una función motivadora o cognitiva, según la clasificación establecida por Gil y Martínez Peña (2005).

Según esta clasificación, las imágenes motivadoras son aquellas que promueven la curiosidad y el interés por el contenido que se está tratando. Por

otro lado, las imágenes cognitivas promueven y favorecen la compresión de los contenidos.

Dentro de las imágenes cognitivas, se diferencian las imágenes cognitivas descriptivas y las imágenes cognitivas ilustradoras de modelos. Las primeras permiten observar, identificar partes de un elemento, comparar y clasificar y las segundas permiten analizar, interpretar, emitir hipótesis y hacer deducciones.

A la hora de hacer el análisis, se ha incluido dentro de la categoría “motivadoras” aquellos libros que tuvieran imágenes con carácter motivador. En la categoría “cognitivas” se han incluido los libros que presentasen imágenes cognitivas tanto descriptivas como ilustradoras de modelos y, por último, dentro de la categoría “ambas” se han incluido los libros que tuvieran imágenes tanto motivadoras como cognitivas (del cualquiera de los dos tipos).

7. ¿Qué tipo de actividades se incluyen? Teóricas/Prácticas.

Se pretende analizar si las actividades que se incluyen en el tema en el que se tratan los minerales son teóricas o prácticas.

Se consideran como actividades “teóricas” aquellas cuya respuesta se encuentra explícitamente dentro de los contenidos del libro de texto, por lo que no suponen para el alumno un esfuerzo mayor que el de la lectura del tema y no demuestran si ha entendido los conceptos.

Por otro lado, se considera que las actividades son “prácticas” si plantean problemas al alumno cuya resolución implique aplicar la teoría y demostrar que ha comprendido los contenidos, así como buscar información en otras fuentes que no sea el propio libro de texto.

8. ¿Existen contradicciones internas? Si/No.

En este campo se pretende localizar aquellas contradicciones existentes en el libro de texto (si las hubiera) principalmente en el propio texto o entre las imágenes y el texto.

9. ¿Hay presencia de ideas alternativas? Si/No.

Este campo pretende valorar si el tratamiento del concepto en los libros de texto presenta incorrecciones o ideas alternativas.

4. Resultados

4.1. Currículo oficial en la etapa de Educación Secundaria

Los minerales son un tema que ya se ha tratado en cursos previos a la Educación Secundaria. De hecho, están presentes en el currículo oficial de enseñanza de Educación Primaria e implícitamente en el de Educación Infantil (Mateo et al., 2017) según los contenidos de los siguientes documentos:

- Real Decreto 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del segundo ciclo de Educación Infantil.
- Orden de 28 de marzo de 2008, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Infantil y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de Educación Primaria.
- Orden de 16 de junio de 2014, de la Consejería de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

En las tablas 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos para el análisis del currículo de la asignatura de Biología y Geología en la ESO y en 1º de Bachillerato. Para ello se ha consultado los siguientes documentos:

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- OrdenECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Para realizar el análisis, se ha considerado si las dimensiones establecidas (apartado 3.1 de la metodología) aparecen o no en los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables tanto del BOE como del BOA.

Cabe destacar que en muchos de los bloques del currículo, los contenidos que se incluyen son títulos generales y poco concretos, por lo que en ocasiones las dimensiones analizadas no aparecen reflejadas como tal aunque posteriormente sí que se tratan en los criterios de evaluación o los estándares de aprendizaje evaluables.

Biología y Geología							
Curso	Bloque de contenidos	Dimensiones analizadas	Contenidos		Criterios de Evaluación		Estándares de aprendizaje evaluables
			BOE	BOA	BOE	BOA	
1º ESO	Bloque 2: La Tierra en el universo	1. Conocer las propiedades de los minerales	Si	Si	Si	Si	Si No
		1.1. Conocerlas de forma teórica	Si	Si	Si	Si	Si No
		1.2. Conocerlas de forma práctica	No	No	No	No	Si No
		2. Conocer la clasificación de los minerales	No	No	No	No	No No
		3. Saber identificar minerales	No	No	No	No	Si No
		3.1. Identificar minerales en base a sus propiedades	No	No	No	No	Si No
		4. Conocer los usos de los minerales	Si	Si	Si	Si	Si No
		4.1. Deducir los usos de los minerales según sus propiedades	No	No	Si	Si	No No
		5. Importancia económica y gestión sostenible de los minerales	No	No	Si	Si	Si No
		5.1. Deducir la importancia económica de los minerales según sus usos	No	No	Si	Si	No No
3º ESO	Bloque 2: La Tierra en el universo	1. Conocer las propiedades de los minerales	Si	Si	Si	Si	Si Si
		1.1. Conocerlas de forma teórica	Si	Si	Si	Si	Si Si
		1.2. Conocerlas de forma práctica	No	No	No	No	Si Si
		2. Conocer la clasificación de los minerales	No	No	No	No	No No
		3. Saber identificar minerales	No	No	No	No	Si Si
		3.1. Identificar minerales en base a sus propiedades	No	No	No	No	Si Si
		4. Conocer los usos de los minerales	Si	Si	Si	Si	Si Si
		4.1. Deducir los usos de los minerales según sus propiedades	No	No	Si	Si	No No
		5. Importancia económica y gestión sostenible de los minerales	No	No	Si	Si	Si Si
		5.1. Deducir la importancia económica de los minerales según sus usos	No	No	Si	Si	No No

Tabla 2: Resultados del análisis de las dimensiones relacionadas con los contenidos sobre los minerales en el currículo LOMCE para la asignatura de Biología y Geología en 1º de la ESO y 3º de la ESO.

Biología y Geología									
Curso	Bloque de contenidos	Dimensiones analizadas		Contenidos		Criterios de Evaluación		Estándares de aprendizaje evaluables	
				BOE	BOA	BOE	BOA	BOE	BOA
1º Bach	Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra	1. Conocer las propiedades de los minerales	No	No	No	No	No	No	No
		1.1. Conocerlas de forma teórica	No	No	No	No	No	No	No
		1.2. Conocerlas de forma práctica	No	No	No	No	No	No	No
		2. Conocer la clasificación de los minerales	No	No	No	No	No	Si	
		3. Saber identificar minerales	No	No	Si	Si	No	No	No
		3.1. Identificar minerales en base a sus propiedades	No	No	No	No	No	No	No
		4. Conocer los usos de los minerales	No	No	Si	Si	Si	Si	
		4.1. Deducir los usos de los minerales según sus propiedades	No	No	No	No	No	No	No
		5. Importancia económica y gestión sostenible de los minerales	No	No	No	No	No	No	No
		5.1. Deducir la importancia económica de los minerales según sus usos	No	No	No	No	No	No	No

Tabla 3: Resultados del análisis de las dimensiones relacionadas con los contenidos sobre los minerales en el currículo de LOMCE para la asignatura de Biología y Geología en 1º de Bachillerato.

Dentro del currículo de Educación Primaria se indica que los alumnos deben identificar y clasificar los minerales en función de sus propiedades, describir los usos y utilidades que tienen y conocer los minerales de la litosfera. Sin embargo, con la LOMCE los contenidos relacionados con la Geología (donde se incluyen los minerales) que se incluyen en Educación Primaria pasaron a encontrarse en el área de Ciencias Sociales. Este hecho hace que el enfoque sea diferente, ya que coexisten contenidos que solo se pueden trabajar conceptualmente con contenidos que se pueden abordar con actividades prácticas (Martínez Peña, Calvo y Cortés, 2015).

En Educación Secundaria, la primera vez que aparece el término “mineral” es en 1º de la ESO, dentro del bloque 2 de la asignatura de Biología y Geología. Dicho bloque 2, denominado “La Tierra en el Universo” se incluye tanto en 1º de la ESO como en 3º de la ESO (Anexo 2, tabla A1).

Como puede observarse en la tabla 2, existen diferencias entre BOE y BOA. En la asignatura de Biología y Geología, dentro del BOE se especifican los mismos contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para 1º de la ESO y para 3º de la ESO, sin diferenciar que contenidos se imparten en cada curso.

Sin embargo, en el BOA diferencian 1º de la ESO y 3º de la ESO, aunque se establecen los mismos contenidos y criterios de evaluación para ambos cursos, y solo se incluyen estándares de aprendizaje evaluables en 3º de la ESO.

Según los estándares de aprendizaje evaluables del currículo (Anexo 2, tabla A1), los alumnos de 1º de la ESO y 3º de la ESO deben ser capaces de identificar minerales, describir sus aplicaciones más frecuentes en el ámbito de la vida cotidiana y reconocer la importancia del uso responsable y la gestión sostenible de los recursos minerales. Sin embargo, no se especifica si para identificar los minerales es necesario conocer sus propiedades o si deben reconocer los usos que tienen los minerales en base a esas propiedades, aspectos que son muy relevantes a la hora de entender el modelo de mineral.

Por otro lado, en 4º de la ESO el currículo no hace ninguna mención al término de “mineral” y no se vuelve a tratar hasta 1º de Bachillerato (tabla 3). En este último, los minerales se incluyen dentro del bloque 7 de la asignatura de Biología y Geología. En dicho bloque 7, denominado “Estructura y composición de la Tierra”, tanto en el BOE como el BOA indican que deben tratarse los conceptos relacionados con los minerales pero no especifican qué conceptos, ya que dentro de los contenidos del bloque solo citan “Minerales y rocas. Conceptos”. La diferencia principal que se observa en este curso está en los estándares de aprendizaje evaluables ya que según el BOE los alumnos deben conocer las aplicaciones de interés industrial y social de los minerales, pero el BOA añade que, además, deben conocer la clasificación de los minerales y las rocas (Anexo 2, tabla A1).

Tal y como se especifican los contenidos de este bloque 7, no queda del todo claro cuáles son los contenidos mínimos que deben aprender los alumnos sobre los minerales. Además, parece que, en general, para 1º de Bachillerato el currículo se centra más en tratar las aplicaciones que tienen los minerales. Sin embargo, no indica que los alumnos deban conocer sus propiedades o las repercusiones sociales y ambientales que puede generar su explotación.

A pesar de que estos aspectos han sido tratados en cursos previos, solo se han impartido en 1º de la ESO, por lo que puede ser difícil que los alumnos recuerden y relacionen los usos que pueden tener los minerales con sus propiedades y que, en base a éstas, sean capaces de identificarlos, dado que llevan 3 cursos sin haber tratado el tema.

Por todo ello, si bien se observa un aumento de la dificultad en los contenidos sobre los minerales desde 1º de la ESO hasta 1º de Bachillerato, no queda muy claro cómo los alumnos pueden llegar a adquirir todos esos conocimientos progresivamente.

Quizá sería más adecuado, no incluir todos los contenidos relacionados con los minerales en 1º de la ESO sino introducirlos poco a poco a lo largo de toda la

Educación Secundaria Obligatoria con el fin de que los alumnos finalicen esta etapa educativa entendiendo por completo el modelo de mineral.

Aunque el análisis de los libros de texto se ha realizado en la asignatura de Biología y Geología de la ESO, los minerales también se tratan en otras asignaturas como Geografía e Historia en la Educación Secundaria Obligatoria y en 2º de Bachillerato dentro de las asignaturas de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente y de Geología.

En la asignatura de Geografía e Historia (Anexo 2, tabla A2) aparece el término “mineral” tanto en el BOE como en el BOA y en ambos indican como estándar de aprendizaje evaluable que los alumnos deben localizar e identificar en un mapa las principales zonas productoras de minerales. En el BOE este aspecto está incluido en el 1º ciclo de ESO y en el BOA en 3º de la ESO.

En Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente de 2º de Bachillerato (Anexo 2, tabla A3), en el BOE no indican los contenidos y los criterios de evaluación son menos precisos que en el BOA. Dentro del BOA indican que los contenidos a tratar son los recursos minerales y especifican en los criterios de evaluación que los alumnos deben saber que rocas se tratan como recursos minerales y cuáles son los combustibles fósiles.

La asignatura de Geología de 2º de Bachillerato es la que incluye más veces dentro de sus contenidos el término “mineral”. En concreto, tres bloques de esta asignatura tratan el tema (Anexo 2, tablas A4 y A5).

Los contenidos incluidos en el BOE y en el BOA para esta asignatura son muy similares, la única diferencia es que en los contenidos del bloque 2 llamado “Minerales, los componentes de las rocas” del BOA, añaden los procesos geológicos formadores de minerales y rocas (procesos magmáticos, metamórficos, hidrotermales, supergénicos y sedimentarios).

En este bloque se incluye el concepto “mineral” y el alumno debe ser capaz de identificar las características que determinan la materia mineral a través de prácticas, utilizando ejemplos y relacionando los usos de algunos minerales con sus propiedades. También debe reconocer distintos grupos minerales, identificándolos por sus características físico-químicas, así como reconocer minerales comunes por visu. Además, debe ser capaz de elaborar tablas donde se comparan situaciones en las que se originan los minerales y saber comparar los distintos ambientes y procesos geológicos en los que se forman minerales.

El segundo bloque donde aparece el término “mineral” es el bloque 8 que se titula “Recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas”. Dentro de este bloque el alumno debe conocer el concepto de yacimiento mineral y sus principales tipos así como relacionarlos con algunos procesos geológicos que formen minerales.

Por último, el bloque 10 llamado “Geología de campo”, incluye prácticas de campo para el alumno, en las que debe ser capaz de reconocer y clasificar muestras de rocas, minerales y fósiles.

En esta asignatura es donde se trata por primera vez el modelo de mineral de forma íntegra si se compara con el modelo establecido previamente (tabla 1) basado en las dimensiones de Cañal et al. (2016). No es por tanto, hasta 2º de Bachillerato cuando los alumnos no ven una definición de mineral completa ni identifican minerales en base a sus propiedades para posteriormente deducir sus usos. Además, ni en la ESO ni en 1º de Bachillerato se especifica que deban realizar alguna práctica que implique reconocer los minerales en su entorno natural y que permita a los alumnos observarlos de otra forma que no sea en muestra de mano, en el mejor de las ocasiones.

Si durante toda la Educación Secundaria Obligatoria los alumnos sólo han visto minerales a través de imágenes (o alguna muestra de mano) y, posteriormente no los han vuelto a tratar hasta 1º de Bachillerato, parece difícil pensar que sean capaces de ir directamente al campo y reconocer minerales *in situ* tal y como se exige en Geología de 2º de Bachillerato.

Por otro lado, el origen de los minerales tampoco queda reflejado en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria ni de 1º de Bachillerato y, como se verá más adelante, es un aspecto poco tratado en los libros de texto. Sin embargo, en Geología de 2º de Bachillerato, los alumnos sí que deben ser capaces de reconocer algunos procesos geológicos que formen minerales.

4.2. Análisis de contenidos

Tras aplicar el cuestionario para el análisis de los libros de texto, se ha realizado una valoración del tratamiento que recibe el concepto de mineral en los diversos libros de la Educación Secundaria Obligatoria donde aparece.

En el Anexo 3, se incluyen las tablas elaboradas con las categorías del análisis utilizadas para los distintos niveles educativos (tabla B1, B2 y B3). Con el fin de comparar todos los libros analizados de una forma más sencilla, en la tabla 4 se incluye el número de libros analizados que cumplen cada una de las categorías.

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	NÚMERO DE LIBROS (15)		
	1º ESO (5)	3º ESO (5)	4º ESO (5)
1. Ausencia o presencia del término "mineral". Si/No			
• Si	5	5	5
• No	0	0	0
2. a. ¿Se define conceptualmente? Si/No			
• Si	5	1	0
• No	0	4	5
2. b. Calidad de la definición. Completa/Semicompleta/Incompleta			
• Completa	2	0	0
• Semicompleta	2	1	0
• Incompleta	1	0	0
3. ¿Se explican las propiedades macroscópicas y microscópicas? Si/No			
• Si	5	1	0
• No	0	4	5
4. a. ¿Se clasifican los minerales? Si/No			
• Si	4	0	0
• No	1	5	5
4. b. ¿Cómo se clasifican?			
• Por sus usos	1	0	0
• Por sus composición química	3	0	0
5. a. ¿Se indican los usos de los minerales? Si/No			
• Si	5	1	0
• No	0	4	5
5.b. ¿Existe relación entre las propiedades y los usos? (Total/Parcial/Nada)			
• Total	0	0	0
• Parcial	1	0	0
• Nada	4	1	0
6. ¿Qué tipo de imágenes se incluyen? Motivadoras/Cognitivas/Ambas			
• Motivadoras	0	3	4
• Cognitivas	0	0	1
• Ambas	5	2	0
7. ¿Qué tipo de actividades se incluyen? Teóricas/Prácticas/Ambas			
• Teóricas	0	2	1
• Prácticas	0	0	1
• Ambas	5	3	2
8. ¿Existen contradicciones internas? Si/No			
• Si	5	2	0
• No	0	3	5
9. ¿Hay presencia de ideas alternativas? Si/No			
• Si	5	2	0
• No	0	3	5

Tabla 4: Resultados del análisis de contenidos obtenidos tras la aplicación del cuestionario a los 15 libros de la ESO consultados. Junto a cada categoría y subcategoría del análisis se indica el número de libros de cada curso que incluye esos contenidos.

1) En referencia al primer ítem analizado, todos los libros consultados citan en alguna parte de los contenidos el término “mineral” aunque no exista una unidad específica para tratarlos.

Los libros de texto de 1º de la ESO tratan el término en profundidad dentro de la unidad relacionada con la Geosfera. Por otro lado, los libros de 3º de la ESO y de 4º de la ESO no presentan muchos contenidos teóricos relacionados con los minerales pero los nombran en varias unidades en las que se tratan los procesos geológicos, la dinámica interna de la Tierra y los impactos en los ecosistemas.

Por ejemplo, en el libro A3 cuando tratan los tipos de meteorización dicen: “*La meteorización mecánica o física consiste en el desmenuzamiento de la roca en fragmentos de tamaño variable que conservan su composición mineral.*” O en el libro E4, cuando explican el proceso de fosilización citan: *la fosilización consiste en la sustitución de los compuestos orgánicos de un ser vivo por compuestos minerales que hacen posible la conservación de los caracteres morfológicos y anatómicos de ese ser vivo a lo largo del tiempo.*

2) La definición de mineral solo se trata principalmente en los libros de 1º de la ESO excepto en la editorial de Santillana, donde también la incluyen en 3º de la ESO (SA3).

Todos los libros de texto que incluyen la definición de mineral lo hacen al comienzo del tema y algunos dan más importancia a la definición que a otros de los aspectos que se incluyen en el modelo de mineral como los usos, la clasificación o el impacto ambiental y social de las explotaciones mineras. Sin embargo, la definición no es el aspecto más importante a tratar ya que, cuando leemos sobre un concepto que nos es conocido, nuestra memoria rara vez recuerda su definición, sino un conjunto de representaciones visuales, impresiones o experiencias (Vinner, 1983). Además, según Pujol (2014), el planteamiento de los libros de texto debe ser abierto y potenciar una aproximación científica a los fenómenos a través de elementos que permitan ver la complejidad de la construcción del conocimiento científico y debe ser el hilo conductor de los contenidos a partir de los cuales los alumnos puedan progresar en la construcción de nuevas formas de ver los fenómenos.

En cuanto a la calidad de la definición, si bien todas las definiciones encontradas en los diversos libros tratan prácticamente los mismos puntos, existen grandes diferencias de una editorial a otra. Prácticamente todas las editoriales tratan todos los aspectos que intervienen en la definición de mineral (sólido, natural, inorgánico, con estructura interna ordenada y composición química definida), sin embargo, existen diferencias entre las editoriales sobre como tratan esos aspectos. A continuación se citan tres ejemplos de definiciones encontradas en los libros.

(SA1): Los minerales son sustancias naturales, sólidas y de origen inorgánico. Según esta definición, no se pueden considerar minerales las sustancias sintéticas, como los plásticos, los líquidos como el agua, ni las sustancias que únicamente se originan por la acción de los seres vivos, como el azúcar.

Además, al ser sustancias puras, cualquier ejemplar de un mineral presentará siempre las mismas propiedades, tanto si procede de un lugar de la Tierra como de otro, o incluso si es originario de la Luna o Marte.

(E1): Un mineral es un sólido natural e inorgánico de composición química definida y cuyos átomos se disponen de forma ordenada.

- Un mineral es un sólido natural. No son minerales los líquidos, los gases ni las sustancias fabricadas por el ser humano.
- Un mineral es inorgánico. No son minerales las sustancias originadas por los seres vivos ni las que forman parte de ellos.
- Un mineral tiene una composición química definida. No son minerales las sustancias que contienen una proporción variable de elementos químicos.
- Un mineral tiene sus átomos ordenados. Las sustancias cuyos átomos no están ordenados, se denominan mineraloides.

(A1): Los minerales son sustancias que tienen las siguientes características:

- Son sólidos: por esta razón los líquidos y los gases no son considerados minerales.
- Se forma de manera natural: se forman por procesos geológicos. Por ello una sustancia producida por los seres humanos nunca puede ser llamada mineral.
- Son inorgánicos: esto significa que no se producen por el resultado de la actividad de organismos o forman parte ellos.
- Son homogéneos. Significa que cada mineral tiene una composición específica que es la misma en todas sus partes. Por ejemplo, el cuarzo es un mineral formado por dos sustancias: oxígeno y silicio. Si partimos un trozo de cuarzo por la mitad, cada mitad tendrá los mismos componentes (oxígeno y silicio).
- Sus componentes tienen una estructura interna. Por ejemplo, en el cuarzo, el oxígeno y la sílice están distribuidos en patrones regulares, en un orden específico. En este caso estos componentes forman una red (network) de pirámides pequeñas unidas por sus ejes.

De las tres definiciones, la primera ha sido clasificada como “incompleta” la segunda como “semicompleta” y la tercera como “completa”. Esto se debe a que en la primera definición solo se limitan a decir qué es un mineral pero no detallan cada uno de los componentes de la definición. En la segunda sí que detallan esos componentes pero no ponen ejemplos que permitan que el alumno forme un modelo claro de lo que es un mineral. Por último, en la tercera definición que ha sido clasificada como “completa” sí que ponen varios ejemplos e incluso añaden una imagen con una red cristalina (figura 1).

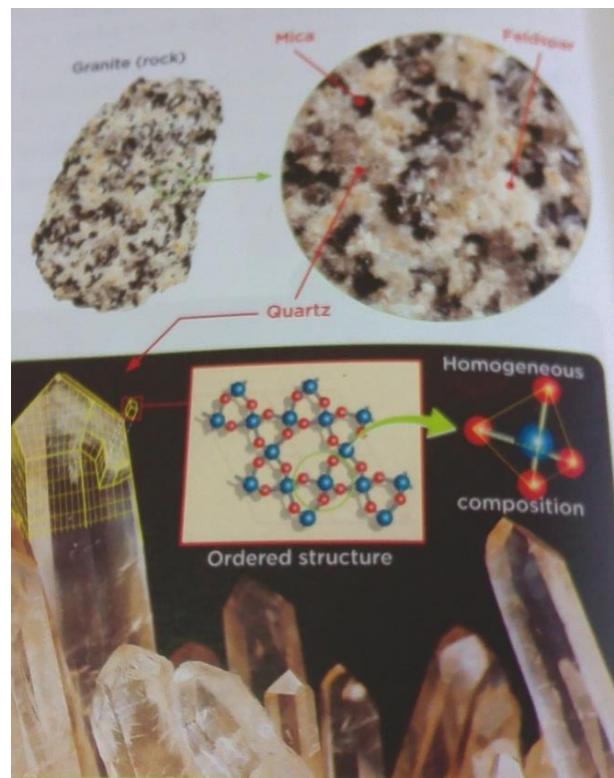


Figura 1: Imagen del modelo de la red cristalina del cuarzo formada por tetraedros de SiO_2 utilizada en el libro de texto A1 para exemplificar la estructura interna de los minerales.

3) En cuanto a las propiedades de los minerales, en todos los libros de 1º de la ESO se hace referencia principalmente a las propiedades macroscópicas y se deja algo más de lado las microscópicas. En la mayoría de los libros existe un apartado, dentro del tema donde se tratan los minerales, en el que se hablan de las propiedades, pero en dicho apartado solo se comentan (dependiendo de la editorial) una serie de propiedades macroscópicas.

Las propiedades macroscópicas más características de los minerales son la forma, el color, el brillo, el color de la raya, la exfoliación, la densidad, la dureza, el magnetismo, el sabor y la tenacidad. Cada editorial trataba algunas de estas propiedades, siendo las comunes para todas las editoriales consultadas el color, el brillo, la dureza, el color de la raya y la exfoliación.

La forma de tratar las propiedades de los minerales es muy similar en todas las editoriales. En los libros analizados se observa que primero definen qué es esa propiedad y posteriormente indican algún ejemplo con un mineral determinado, añadiendo en ocasiones imágenes con carácter motivador del mineral del que se está hablando.

Además, si bien en muchos libros se nombran algunas propiedades microscópicas como la composición química o la estructura cristalina cuando se explica la definición de mineral, no se incluye un apartado para ellas como en el caso de las propiedades macroscópicas.

4) A la hora de clasificar los minerales, casi todas las editoriales consultadas lo hacen según la composición química, excepto una (Savia SM) que los clasifica según sus usos. En este caso, los clasifican en minerales metálicos, que serán menas de hierro, cobre, aluminio, plomo, mercurio y cinc; minerales industriales (silicatos y no silicatos) y piedras preciosas y semipreciosas.

Sin embargo, en esta clasificación se sigue haciendo referencia a la composición química ya que los minerales metálicos son aquellos formados por metales y los minerales industriales son silicatos y no silicatos. Además, las piedras preciosas y semipreciosas pueden tener otros usos que dependan de su composición y, por tanto, incluirse en alguno de los grupos anteriores.

Las editoriales que clasifican los minerales según su composición química incluyen dos grupos: silicatos y no silicatos. Sin embargo, dentro de los no silicatos no se vuelve a hacer otra clasificación y describen en ese mismo grupo ejemplos de minerales que pertenecen al grupo de los óxidos, sulfuros, etc.

5) En cuanto a los usos, en todos los libros analizados de 1º de la ESO se habla de la importancia que tienen los minerales y citan varios de sus usos. La mayoría se centran en la obtención de metales y en las gemas pero otros también hablan de electrónica, óptica y todo tipo de materiales.

Sin embargo en pocas editoriales se indica si existe relación entre las propiedades que tienen los minerales y los usos que se explican. Únicamente en una editorial existe una relación parcial entre los usos y las propiedades de los minerales (SM1). En este libro de texto incluyen los usos de los minerales dentro de la clasificación cuando hablan de sus propiedades macroscópicas, pero no terminan de aclarar si esa propiedad que están tratando hace que el mineral tenga ese uso determinado.

Por ejemplo, dentro de los minerales metálicos dicen que el hematites es mena de hierro, pero luego añaden una serie de propiedades de este mineral que no influyen en su uso como mena. Sin embargo, sería más fácil entender que el hematites es una mena de hierro porque presenta este elemento en su composición química.

Esto es un hecho importante ya que en ninguno de los libros consultados se explica realmente por qué los minerales tienen los usos que se indican. Se da importancia por un lado a las propiedades de los minerales y por otro a los usos y todos los libros aportan una lista de ambos aspectos. Sin embargo no se observa ningún tipo

de conexión que permita a los alumnos entender que, dependiendo de sus propiedades, los minerales pueden tener unos usos u otros y que dichos usos hacen que tengan un valor determinado.

Respecto al origen de los minerales, en ninguno de los libros se incluye un apartado específico para explicar su formación. Sin embargo, algunos sí que aportan una explicación breve sobre este aspecto.

Un ejemplo se observa en el libro de texto SA3. En este libro, cuando hablan de la formación de las rocas ígneas, si bien no aparece el término “mineral”, explican que los cristales de las rocas volcánicas son pequeños debido al enfriamiento rápido del magma y que los cristales de las rocas plutónicas son grandes debido al enfriamiento lento. Además, en otro apartado donde hablan de las rocas sedimentarias no detríticas indican que están formadas por minerales que estaban disueltos en el agua. No explican cómo se han formado directamente, pero al decir que están disueltos dan a entender que se produce una precipitación para formar la roca.

Otro ejemplo donde se explica el origen de los minerales es, en esta ocasión, dentro del apartado donde dan la definición de mineral del libro V1. En el texto consultado se cita: *“El tamaño de los cristales depende del espacio que tengan para cristalizar y del tiempo. Si disponen de mucho espacio y crecen lentamente se forman grandes cristales. Cuando el enfriamiento es rápido, los átomos no tienen tiempo para ordenarse, por lo que no tienen estructura cristalina y son amorfos”*

Si bien es importante incidir en la repercusión económica que tienen los minerales tal y como hacen muchas de las editoriales consultadas, también es importante que los alumnos conozcan los distintos procesos que forman los minerales ya que, dependiendo de cómo se formen, pueden tener unas propiedades u otras y por tanto unos usos distintos.

No se consigue un aprendizaje significativo cuando los alumnos deben memorizar los distintos usos que tienen los minerales y lo único que aprenden sobre su origen es que se extraen de minas o que forman parte de las rocas.

Los alumnos deberían adquirir competencias que les permitan utilizar el conocimiento científico para entender qué es un mineral, cómo se forman, poder establecer una relación entre las propiedades y los usos a los que se destinan y generar una opinión sobre la problemática medioambiental que produce la explotación de minerales.

6) En lo referente a las imágenes, en todos los libros de texto aparecen imágenes motivadoras a lo largo de los contenidos teóricos, especialmente en los libros de 1º de la ESO que es donde más incidencia se hace en el tema de los minerales. La mayoría de las imágenes de carácter motivador que se incluyen son principalmente muestras de minerales llamativos (figura 2a y b). Por otro lado en los libros de 3º y 4º de la ESO aunque no se tratan los minerales con tanta profundidad, aparecen en temas relacionados con los recursos naturales, los suelos o los agentes geológicos. En estos temas algunos de los libros incluyen imágenes de minas a cielo abierto y subterráneas o minerales vistos en el campo (figura 2c y d).



Figura 2: Ejemplos de imágenes motivadoras encontradas en varios de los libros de texto analizados.

Dentro de las imágenes cognitivas, se han encontrado imágenes cognitivas descriptivas, que acompañan a la explicación teórica y permiten identificar determinados elementos e imágenes descriptivas ilustradoras de modelos, que permiten analizar e interpretar información sobre los minerales. Un ejemplo de imagen cognitiva descriptiva que aparece en todos los libros analizados de 1º de la ESO es la escala de Mohs (figura 3a).

La información que aporta esta imagen puede favorecer la compresión del concepto de “dureza” ya que con ella se observa de forma más gráfica que existen minerales más blandos que son rayados por otros más duros. Por supuesto, para que esta imagen sea efectiva, es necesario que los alumnos observen, comparan y determinen la dureza de minerales reales.

Por otro lado, las imágenes cognitivas ilustradoras de modelos son más escasas en los libros. Se han encontrado algunos ejemplos de estructuras cristalinas, como es el caso de la figura 1 vista previamente o de la figura 3b en la que se observan diferentes celdas unidades de distintos minerales según el sistema cristalino al que pertenecen. Estas imágenes han sido utilizadas por las editoriales como refuerzo en la definición de mineral, para poner ejemplos del orden interno de los minerales.

Con esta imagen, los alumnos pueden ver cómo es la estructura de un mineral. Si bien todos los libros de texto analizados explican en mayor o menor medida que los minerales tienen una estructura interna ordenada, no todos incluyen este tipo de imágenes. Sin embargo, esto es algo necesario, ya que este tipo de imágenes puede facilitar al alumno la compresión de la estructura que tienen los minerales de forma más visual.

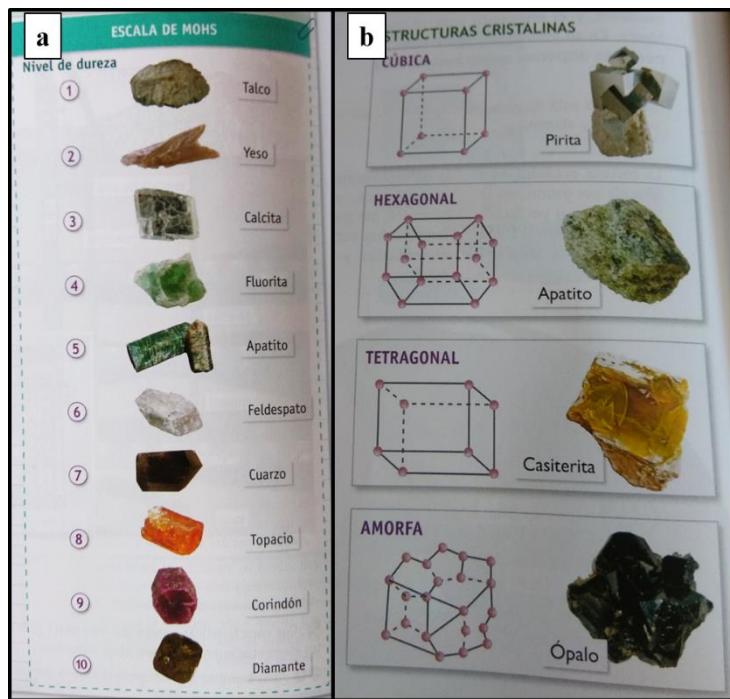


Figura 3: Ejemplos de imágenes cognitivas encontradas en los libros de texto analizados. a) Ejemplo de imagen cognitiva descriptiva (Escala de Mohs) y b) Ejemplo de imagen cognitiva ilustradora de modelos (estructuras cristalinas).

7) Las actividades que se proponen en los libros de texto son muy variadas. La mayoría en las que se tratan los minerales se encuentran en los libros de 1º de la ESO de las editoriales consultadas.

Algunas de las actividades que se incluyen son teóricas y pueden ser contestadas por los alumnos simplemente repitiendo los contenidos que vienen en el libro de texto. Por ello, este tipo de actividades no suponen ningún esfuerzo cognitivo para el alumno ni muestran que haya entendido los conceptos. A continuación se exponen ejemplos encontrados en los libros de texto analizados.

1. ¿Cuáles son las cuatro propiedades usadas para identificar minerales? Nómbralas y pon un ejemplo.
2. ¿Qué características poseen los minerales? ¿Por cuantos elementos químicos suelen estar formados?

Otras actividades tienen un carácter más práctico ya que implican un mayor esfuerzo por parte del alumno a la hora de aplicar la teoría para resolver una cuestión o un problema que se plantee. Además, en algunos de los libros, se han encontrado

algunas actividades en las que los alumnos deben busca información sobre el tema que se trata y otras, menos frecuentes, que deben realizarse directamente con minerales.

A continuación se exponen una serie de ejemplos de actividades prácticas encontradas en los libros consultados.

1. *¿Como es posible que una pirita con una masa de 100 gramos sea más pequeña que una halita que tiene la misma masa?*
2. *La caliza es una roca compuesta por un solo mineral. Puesto que la caliza burbujea con el ácido ¿Cuál será ese mineral?*
3. *Minerales en el cuarto de baño*



4. *Busca información sobre las siguientes sustancias e identifica las que no sean minerales. Explica por qué no lo son: Grafeno, Conchas, Benceno, Granate.*

Para resolver las cuestiones anteriores, los alumnos deben aplicar los conceptos que han aprendido. Por ejemplo, en la primera pregunta deben tener claro el concepto de densidad que se explica dentro de las propiedades de los minerales en algunos de los libros consultados y en la segunda pregunta, deben saber que la caliza está formada por calcita que reacciona con el ácido clorhídrico.

Además de los conceptos aprendidos, en la actividad 3 los alumnos deben buscar información en otras fuentes para resolver el problema que se les plantea. En concreto, deben obtener información sobre la caolinita y a partir de ella, deducir que usos tiene ese mineral dentro de la imagen que se les presenta. Si bien es una buena actividad para que los alumnos indaguen sobre las propiedades y los usos de los minerales, quizás otro tipo de mineral, como por ejemplo la sepiolita, sea un ejemplo más claro para establecer esta relación, ya que su estructura presenta canales, lo que le confiere una propiedad absorbente y permite utilizarla para fabricar las camas de gatos.

Por otro lado en la actividad 4, una vez que los alumnos hayan buscado información sobre las sustancias que se les pide, deben deducir, en base a esa información y a los conceptos que han aprendido, cuales son minerales y cuáles no.

8) Respecto a las contradicciones internas encontradas, la mayoría están relacionadas con la diferencia entre cristal y mineral. A continuación se comentan alguno de los ejemplos encontrados en los libros de texto analizados.

En el libro SA1, tras dar la definición de mineral y decir que los minerales tienen una estructura interna ordenada, incluyen un apartado en el que clasifican minerales cristalinos y minerales amorfos. Según la explicación aportada, los minerales cristalinos son los que manifiestan caras con formas prismáticas y los minerales amorfos, los que no.

Dentro de la propia definición de mineral del libro E1, cuando dicen que sus átomos están ordenados, también comentan que las sustancias que no tienen los átomos ordenados se denominan “mineraloides”.

En el libro V1, cuando explican el origen de los minerales dicen que si el enfriamiento se produce de forma rápida, los átomos no tienen tiempo para ordenarse, por lo que no tienen estructura cristalina y son amorfos. Si bien esto es correcto, al lado de la explicación se incluye una imagen de diversas celdas unidades (en concreto, la imagen 3b mostrada previamente) utilizada como ejemplo de imagen cognitiva ilustradora de modelos. En esta imagen añaden la red cristalina de un material amorfo pero el título de la imagen es “estructuras cristalinas”, algo totalmente contradictorio ya que un material cristalino nunca puede ser amorfo.

9) Estas contradicciones internas manifiestan la presencia de ideas alternativas en algunos de los libros de texto consultados. Parece que no queda muy clara la diferencia entre cristal y mineral dado que en muchos de los libros dicen que los minerales tienen estructura cristalina pero luego solo llaman cristal a aquello que tiene una morfología prismática y presenta caras y aristas bien definidas.

La propia definición de mineral dice que debe tener una composición química definida y una estructura interna ordenada. Un material amorfo no posee una estructura interna ordenada por lo que los minerales siempre son cristales, manifiesten caras prismáticas en el exterior o no. Sin embargo, un cristal no siempre es un mineral, porque puede haber sido fabricado por el hombre y sigue considerándose que es un cristal, mientras que para considerar a una sustancia mineral, tiene que haberse formado de manera natural.

Además, en los libros analizados se observa que a la hora de simplificar los contenidos teóricos, en ocasiones se utilizan palabras cotidianas con el fin de facilitar la compresión de los alumnos de los temas tratados. Sin embargo algunas de estas palabras pueden generar ideas alternativas. Por ejemplo, en el libro SM1 dicen que los minerales tienen una “receta química” o que el granito está formado por “cristalinos de distintos colores” y en el libro A1, dicen que las formas prismáticas que presentan los minerales se llaman “cristales”.

Por otro lado, parece que cuando se trata el tema de los minerales, de forma general se da su definición, se explican sus propiedades y sus usos pero en ningún momento se establece una relación entre esos aspectos.

5. Conclusiones y propuestas de mejora

El modelo de mineral que se incluye dentro del currículo oficial y en los libros de texto es un tema que ya ha sido estudiado en varias etapas educativas desde Educación Infantil hasta 1º de la ESO (Mateo et al., 2017; Jaén y Roca, 2016). En este trabajo se han analizado niveles educativos superiores con el fin de valorar como se trata el modelo de mineral en todos los niveles de la Educación Secundaria Obligatoria.

Los resultados obtenidos indican que la forma en que se trata dicho modelo es diferente en el currículo oficial y en los libros de texto analizados. Estas diferencias pueden deberse a que el modelo de mineral es complejo ya que no solo depende de la definición del término “mineral” sino que engloba muchos aspectos que han de tenerse en cuenta de forma conjunta, como el origen de los minerales, su clasificación, sus propiedades, los usos que pueden tener y su implicación social y medioambiental.

Con el análisis del currículo oficial de la asignatura de Biología y Geología se ha visto que tanto en el BOE como en el BOA se incluyen contenidos relacionados con los minerales en 1º de la ESO, 3º de la ESO, 1º de Bachillerato y 2º de Bachillerato. Sin embargo, dentro de la Educación Secundaria Obligatoria, no queda claro en qué curso dichos contenidos presentan mayor importancia. Esto es debido a que en el BOE señalan los mismos contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para 1º de la ESO y 3º de la ESO y a que, en el BOA, no se incluyen estándares de aprendizaje evaluables para el bloque en el que se tratan los minerales en 1º de la ESO.

En los libros de texto consultados, los contenidos relacionados específicamente con los minerales solo se tratan en 1º de la ESO (excepto la editorial Santillana que vuelve a incluirlos en 3º de la ESO). Además, dentro de dichos contenidos se han detectado carencias importantes a la hora de tratar el modelo de mineral ya que, tal y como indicaban Jaén y Roca (2016) para 1º de la ESO, los contenidos se tratan de forma muy teórica. Este

hecho no solo se ha observado en los libros de 1º de la ESO, sino que se repite en todos los niveles educativos analizados.

Asimismo se ha observado que aquellos libros que tratan en profundidad el tema de los minerales, se centran principalmente en la definición del concepto “mineral”, para posteriormente dar una clasificación, explicar algunas propiedades y nombrar algunos usos, dando una menor importancia a las implicaciones ambientales y sociales que pueden tener las explotaciones mineras.

Si se comparan los contenidos incluidos en el currículo oficial y en los libros de texto con los elementos competenciales establecidos en este trabajo que deben adquirirse para entender el modelo de mineral (tabla 1), se observan varias diferencias. Por un lado, tanto en los contenidos del BOE como del BOA falta relación entre todos los aspectos que engloban el modelo de mineral y no se hace referencia a su origen. Por otro lado, la forma tan teórica y poco relacionada en que se tratan los contenidos dentro de los libros de texto puede generar dificultades a la hora de entender el modelo de mineral en su totalidad por parte de los alumnos, ya que impide el desarrollo de todos los elementos competenciales para ello.

Además, el modo en el que están distribuidos los contenidos relacionados con los minerales en la Educación Secundaria Obligatoria tanto en el currículo oficial como en los libros de texto, no deja claro como los alumnos pueden ir adquiriendo los conocimientos necesarios para comprender el modelo de mineral de forma progresiva a lo largo de los diversos niveles que se incluyen en esta etapa educativa.

Por todo ello, una posible mejora que se propone consistiría en ir relacionando poco a poco todos los aspectos que engloba el modelo de mineral. Para ello debería trabajarse de forma práctica con minerales, con el fin de que los alumnos puedan observar y comparar sus propiedades para poder clasificarlos, argumentar y justificar los usos que puedan tener en base a esas propiedades, así como entender su origen y dar su opinión sobre las implicaciones sociales y medioambientales que derivan de su explotación. Además, sería conveniente que todos estos aspectos se tratases a lo largo de toda la Educación Secundaria Obligatoria para evitar que los alumnos vean los minerales solo en 1º de la ESO y después ya no los vuelvan a tratar hasta 1º de Bachillerato (en el caso de que opten por dicho itinerario).

Como trabajo futuro, se podría revisar en profundidad el currículo de otras asignaturas donde también se tratan los minerales (Geografía e Historia, Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente y Geología) así como los libros de texto de dichas asignaturas para ver qué aspectos de los minerales se incluyen en ellas y así completar el estudio realizado sobre el modelo de mineral en toda la Educación Secundaria Obligatoria y no solo en la asignatura de Biología y Geología.

6. Bibliografía

- Apple, M. W. (1989). *Maestros y Textos. Una economía política de las relaciones de clase y de sexo en educación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Arillo, M.A., Ezquerra, A., Fernández, P., Galán, P., García, E., González, M., de Juanas, A., Martín del Pozo, R., Reyero, C y San Martín, C. (2013). *Las ideas <<científicas>> de los alumnos y alumnas de Primaria: tareas, dibujos y textos*. Madrid: Imprenta GAMAR.
- Berry, L.G. Mason, B.H. y Dietrich, R.V. 1983. *Mineralogy: concepts, descriptions, determinations*. United States of America: Kingsport Press
- Bruner, J.S. Goodnow, J. y Austin, G.A. (1978). *El proceso mental en el aprendizaje*. Madrid: Narcea.
- Cañal, P., García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016): *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Madrid: Servicecom.
- Chevallard, Y. (1985). *Transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble. Frania: La Pensée Sauvage.
- Cortés, A.L. (2006). Análisis de los contenidos sobre “permeabilidad” en los libros de texto de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 136-160.
- De la Gándara, M., Gil, M.J. y Sanmartí, N. (2002). Del modelo científico de adaptación biológica al modelo de adaptación biológica en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 303-314.
- De Pro, A. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 73, 69-76.
- Escamilla, A. 2009. *Las competencias en la programación del aula. Infantil y Primaria (3-12 años)*. Barcelona: Graó
- Gallegos, J.A. (1996). La elaboración del concepto de mineral y su aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4(3), 212-217.
- Gallegos, J.A. (1998). La construcción del concepto de mineral: Bases históricas y un diseño de enseñanza-aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 159-167.
- Gil, M.J. y Martínez Peña, B. (2005). El modelo Sol-Tierra-Luna en el lenguaje iconográfico de estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 153-166

- Gimeno, J. (1991). *El currículum: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gimeno, J. (2005). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Ediciones Morata.
- 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*. Actas del 27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, 1367-1374.
- Jiménez Valladares, J.D. (2000). Análisis de los libros de texto. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 307-322). Alcoy: Marfil.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 173-184.
- 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 Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 79, 9-16.
- Mateo, E., Mazas, B., Bravo, B., Lucha, P., Martínez Peña, B. y Cortés, A.L. ¿Cómo se abordan los minerales en la enseñanza obligatoria? Reflexiones a partir de un análisis de libros de texto. Aceptado en el X Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias. Sevilla. 2017.
- 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.
- Nº12886. Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín.
- Nº3/169. Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado (BOE). España, 3 de enero de 2015.
- Nº185. Real Decreto 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del segundo ciclo de Educación Infantil.
- Nº52. Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.
- Nº1085. Orden de 28 de marzo de 2008, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Infantil y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Nº119. Orden de 16 de junio de 2014, de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Nº106. Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. Boletín Oficial de Aragón (BOA). España, 3 de Junio de 2016.

Nº105. Orden EDC/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. Boletín Oficial de Aragón (BOA). España, 2 de junio de 2016.

Palacios, R. (2017). Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 35 (2), 51-70.

Pedrinaci, E. (1996). Sobre la persistencia o no de las ideas del alumnado en geología. *Alambique*, 7, 27-36.

Pedrinaci, E. (2012). Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20 (2), 133-140.

Pedrinaci, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra y competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21 (2), 208-214.

Pozo, J. L. y Gómez Crespo, M.A. (1994). La solución de problemas en Ciencias de la Naturaleza. En Pozo, J. L. (Eds.). *Solución de problemas*. Aula XXI. Madrid: Santillana, 86-126

Prat, A. e Izquierdo, M. (2000). Función del texto escrito en la construcción de conocimientos y en el desarrollo de habilidades. En J. Jorba, I. Gómez y A. Prat (Eds.), *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares* (pp. 73-112). Madrid: ICE Universitat Autònoma de Barcelona – Ed. Síntesis.

Pujol, R.M. (2014). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.

Raviolo, A., Ramírez, P. y López, E.A. Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 7(3), 581-612.

- Regueiro, M. (2008). Los minerales industriales en la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(3) 276-286.
- Reid, D.J. y Hodson, G. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- Sanmartí, N., Márquez, C. y García, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Revista Aula de Innovación Educativa*, 113. Versión electrónica. http://www.grao.com/creditos/ficha_articulo.asp?id=1878
- Santano, P.P. y Ferreiro, L. F. R. (2008). Análisis de libros de texto de Geología. Aplicación al ciclo del agua en la E.S.O. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(1), 79-91.
- Santo R. y Curtó, C. (2008). Los minerales son inocentes; las personas no. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(3), 287-294.
- Schwarz, C.V.; Reiser, B.J.; Davis, E.A.; Kenyon, L.; Acher, A.; Fortus, D; Shwartz, Y.; Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 632-654.
- Silverio, M. (2005). Bases y fundamentos curriculares. *Revista Educação e Tecnologia*. 1, 1-9.
- Vinner, S. (1983). Concept definition, concept image and the notion of function. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 14, 293-305
- Vygostki, L.S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

7. Anexos

Anexo 1: Libros de texto analizados

Editorial Anaya

- **A1 (1º de la ESO)**

Escribano, C., Hernández, J. y Martínez, J. (2015). *Aprender es Crecer en Conexión, biología y geología, 1º ESO*. Madrid: Editorial Anaya Educación.

- **A3 (3º de la ESO)**

Escribano, C., Hernández, J. y Martínez, J. (2015). *Aprender es Crecer en Conexión, biología y geología, 3º ESO*. Madrid: Editorial Anaya Educación.

- **A4 (4º de la ESO)**

Escribano, C., Hernández, J., Martínez, J., Martínez-Aedo, J.J. y Sol, C. (2015). *Aprender es Crecer en Conexión, biología y geología, 4º ESO*. Madrid: Editorial Anaya Educación.

Editorial Edelvives

- **E1 (1º de la ESO)**

Márquez, F. y Mora, A. (2015). *ESO 1. Biología y Geología Volumen 1*. Zaragoza: Editorial Edelvives.

- **E3 (3º de la ESO)**

García, M. y Hoyas, M.E. (2015). *ESO 3. Biología y Geología Volumen 3*. Zaragoza: Editorial Edelvives.

- **E4 (4º de la ESO)**

Márquez, F. y Mora, A. (2015). *ESO 4. Biología y Geología Volumen 2*. Zaragoza: Editorial Luis Vives (Edelvives).

Editorial Santillana

- **SA1 (1º de la ESO)**

Vives, F., Meléndez, I., Garrido, J.L. y Madrid, M.A. (2015). *Biología Geología serie observa 1º de la ESO saber hacer*. Madrid: Editorial Santillana Educación. S.L.

- **SA3 (3º de la ESO)**

Vives, F., Meléndez, I., Garrido, J.L. y Madrid, M.A. (2015). *Biología Geología serie observa 3º de la ESO saber hacer*. Madrid: Editorial Santillana Educación. S.L.

- **SA4 (4º de la ESO)**

Vives, F., Meléndez, I., Garrido, J.L. y Madrid, M.A. (2016). *Biología Geología serie observa 3º de la ESO saber hacer*. Madrid: Editorial Santillana Educación. S.L.

Editorial SM

- **SM1 (1º de la ESO)**

Pedrinaci, E., Gil, C., Pascual, J.A. e Hidalgo, A.J. (2015). *Biología y Geología para 1º de ESO*. España: Editorial SM

- **SM3 (3º de la ESO)**

Pedrinaci, E., Gil, C., Pascual, J.A., Hidalgo, A.J. y Carrión, F (2015). *Biología y Geología para 3º de ESO*. España: Editorial SM

- **SM4 (4º de la ESO)**

Pedrinaci, E., Gil, C. y Pascual, J.A. (2015). *Biología y Geología para 4º de ESO*. España: Editorial SM

Editorial Vicens Vives

- **V1 (1º de la ESO)**

Fernández, M.A., Mingo, B., Rodríguez, R. y Torres, M.D. (2015). *BG Biología y Geología 1.1*. España: Editorial Vicens Vives Educación Secundaria.

- **V3 (3º de la ESO)**

Fernández, M.A., Mingo, B., Rodríguez, R. y Torres, M.D. (2015). *BG Biología y Geología 3*. España: Editorial Vicens Vives Educación Secundaria.

- **V4 (4º de la ESO)**

Torres, M.A., Argüello, H., Celis, J., Mingo, B., Olazábal, M., Rodríguez, R. y Santos, A. (2015). *BG Biología y Geología 4*. España: Editorial Vicens Vives Educación Secundaria.

Anexo 2: Tablas comparativas del currículo oficial de enseñanza de Educación Secundaria Obligatoria

	Contenidos	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 2. La Tierra en el universo			
BOE (1º y 3º de ESO)	Los minerales y las rocas: sus propiedades, características y utilidades.	7. Reconocer las propiedades y características de los minerales y de las rocas, distinguiendo sus aplicaciones más frecuentes y destacando su importancia económica y la gestión sostenible.	7.1. Identifica minerales y rocas utilizando criterios que permitan diferenciarlos. 7.2 Describe algunas de las aplicaciones más frecuentes de los minerales y rocas en el ámbito de la vida cotidiana. 7.3. Reconoce la importancia del uso responsable y la gestión sostenible de los recursos minerales .
BOA (1º ESO)	Los minerales y las rocas: sus propiedades, características y utilidades.	Crit.BG.2.7. Reconocer las propiedades y características de los minerales y de las rocas, distinguiendo sus aplicaciones más frecuentes y destacando su importancia económica y la gestión sostenible.	
BOA (3º ESO)	Los minerales y las rocas: sus propiedades, características y utilidades.	Crit.BG.2.7. Reconocer las propiedades y características de los minerales y de las rocas, distinguiendo sus aplicaciones más frecuentes y destacando su importancia económica y la gestión sostenible.	Est.BG.2.7.1. Identifica minerales y rocas utilizando criterios que permitan diferenciarlo. Est.BG.2.7.2. Describe y reconoce algunas de las aplicaciones más frecuentes de los minerales y rocas en el ámbito de la vida cotidiana así como la importancia del uso responsable y la gestión sostenible de los recursos minerales .
Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra			
BOE (1º Bachillerato)	Minerales y rocas. Conceptos. Clasificación genética de las rocas.	7. Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial.	7.1. Identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados tipos de minerales y rocas.
BOA (1º Bachillerato)	Minerales y rocas. Conceptos. Clasificación genética de las rocas.	Crit.BG.7.7. Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial.	Est.BG.7.7.1. Conoce la clasificación de minerales y rocas e identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados tipos de minerales y rocas.

Tabla A1: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Biología y Geología en 1º de la ESO, 3º de la ESO y 1º de Bachillerato según el currículo oficial.

	Contenidos	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 2. El espacio humano			
BOE (Primer ciclo de ESO)	Aprovechamiento y futuro de los recursos naturales. Desarrollo sostenible.	13. Localizar los recursos agrarios y naturales en el mapa mundial.	13.2. Localiza e identifica en un mapa las principales zonas productoras de minerales en el mundo.
BOA (3º ESO)	Bloque 2. El espacio humano Aprovechamiento y futuro de los recursos naturales. Impacto medioambiental. Desarrollo sostenible.	Cri.GH.2.11. Localizar los recursos agrarios y naturales en el mapa mundial y en el de España, relacionando su ubicación con las diversas zonas climáticas.	Est.GH.2.11.2. Localiza e identifica en un mapa las principales zonas productoras de minerales y las zonas productoras y consumidoras de energía más importante en el mundo, con ayuda de un atlas.

Tabla A2: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Geografía e Historia en Educación Secundaria Obligatoria según el currículo oficial.

	Contenidos	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 5. La geosfera y riesgos geológicos			
BOE		6. Reconocer los recursos minerales , los combustibles fósiles y los impactos derivados de su uso.	6.1. Relaciona la utilización de los principales recursos minerales , y energéticos con los problemas ambientales ocasionados y los riesgos asociados.
BOA	Recursos minerales	Crit.CTM.5.6. Reconocer los recursos minerales (rocas ornamentales, para la construcción, para usos industriales varios y principales minerales metálicos y no metálicos), los combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón) y los impactos derivados de su uso.	Est.CTM.5.6.1. Relaciona la utilización de los principales recursos minerales y energéticos, incluyendo energía nuclear y geotérmica, con los problemas ambientales ocasionados y los riesgos asociados.

Tabla A3: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente de 2º de Bachillerato según el currículo oficial.

Contenidos	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 2. Minerales, los componentes de las rocas.		
Materia mineral y concepto de mineral . Relación entre estructura cristalina, composición química y propiedades de los minerales . Clasificación químico estructural de los minerales . Formación, evolución y transformación de los minerales . Estabilidad e inestabilidad mineral . Procesos geológicos formadores de minerales y rocas: procesos magmáticos, metamórficos, hidrotermales, supergénicos y sedimentarios	<p>1. Describir las propiedades que caracterizan a la materia mineral. Comprender su variación como una función de la estructura y la composición química de los minerales. Reconocer la utilidad de los minerales por sus propiedades.</p> <p>2. Conocer los grupos de minerales más importantes según una clasificación químico-estructural. Nombrar y distinguir de visu, diferentes especies minerales.</p> <p>3. Analizar las distintas condiciones físico-químicas en la formación de los minerales. Comprender las causas de la evolución, inestabilidad y transformación mineral utilizando diagramas de fases sencillos.</p> <p>4. Conocer los principales ambientes y procesos geológicos formadores de minerales y rocas. Identificar algunos minerales con su origen más común: magmático, metamórfico, hidrotermal, supergénico y sedimentario.</p>	<p>1.1. Identifica las características que determinan la materia prima, por medio de actividades prácticas con ejemplos de minerales con propiedades contrastadas, relacionando la utilización de algunos minerales con sus propiedades</p> <p>2.1. Reconoce los diferentes grupos minerales, identificándolos por sus características físico-químicas. Reconoce por medio de una práctica de visu algunos de los minerales más comunes.</p> <p>3.1. Compara las situaciones en las que se originan los minerales, elaborando tablas según sus condiciones físico-químicas de estabilidad. Conoce algunos ejemplos de evolución y transformación mineral por medio de diagramas de fases.</p> <p>4.1. Compara los diferentes ambientes y procesos geológicos en los que se forman los minerales y las rocas. Identifica algunos minerales como característicos de cada uno de los procesos geológicos de formación.</p>
Bloque 8. Recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas		
Clasificación utilitaria de los recursos minerales y energéticos. Yacimiento mineral . Conceptos de reservas y leyes. Principales tipos de interés económico a nivel mundial. Exploración, evaluación y explotación sostenible de recursos minerales y energéticos. La gestión y protección ambiental en las explotaciones de recursos minerales y energéticos	<p>2. Clasificar los recursos minerales y energéticos en función de su utilidad.</p> <p>3. Explicar el concepto de yacimiento mineral como recurso explotable, distinguiendo los principales tipos de interés económico.</p> <p>4. Conocer las diferentes etapas y técnicas empleadas en la exploración, evaluación y explotación sostenible de los recursos minerales y energéticos.</p> <p>5. Entender la gestión y protección ambiental como una cuestión inexcusable para cualquier explotación de los recursos minerales y energéticos.</p>	<p>3.1. Localiza información en la red de diversos tipos de yacimientos y relacionalos con alguno de los procesos geológicos formadores de minerales y de rocas.</p>
Bloque 10. Geología de campo		
De cada práctica de campo: Geología local, del entorno del centro educativo, o del lugar de la práctica, y Geología regional. Recursos y riesgos geológicos. Elementos singulares del patrimonio geológico del lugar donde se realiza la práctica.	<p>3. Observar los principales elementos geológicos de los itinerarios.</p>	<p>3.3. Reconoce y clasifica muestras de rocas, minerales y fósiles.</p>

Tabla A4: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato según el currículo oficial (BOE).

Contenidos	Criterios de Evaluación	estándares de aprendizaje evaluables
BLOQUE 2: Minerales, los componentes de las rocas		
Materia mineral y concepto de mineral . Relación entre estructura cristalina, composición química y propiedades de los minerales . Clasificación químico-estructural de los minerales . Formación, evolución y transformación de los minerales . Estabilidad e inestabilidad mineral . Procesos geológicos formadores de minerales y rocas: procesos magmáticos, metamórficos, hidrotermales, supergénicos y sedimentarios.	<p>Crit.GO.2.1. Describir las propiedades que caracterizan a la materia mineral. Comprender su variación como una función de la estructura y la composición química de los minerales. Reconocer la utilidad de los minerales por sus propiedades.</p> <p>Crit.GO.2.2. Conocer los grupos de minerales más importantes según una clasificación químico-estructural. Nombrar y distinguir de visu, diferentes especies minerales.</p> <p>Crit.GO.2.3. Analizar las distintas condiciones físico-químicas en la formación de los minerales. Comprender las causas de la evolución, inestabilidad y transformación mineral utilizando diagramas de fases sencillos.</p> <p>Crit.GO.2.4. Conocer los principales ambientes y procesos geológicos formadores de minerales y rocas. Identificar algunos minerales con su origen más común: magmático, metamórfico, hidrotermal, supergénico y sedimentario.</p>	<p>Est.GO.2.1.1. Identifica las características que determinan la materia mineral, por medio de actividades prácticas, con ejemplos de minerales con propiedades contrastadas, relacionando la utilización de algunos minerales con sus propiedades.</p> <p>Est.GO.2.2.1. Reconoce los diferentes grupos minerales, identificándolos por sus características físico-químicas. Reconoce por medio de una práctica de visu algunos de los minerales más comunes.</p> <p>Est.GO.2.3.1. Compara las situaciones en las que se originan los minerales, elaborando tablas según sus condiciones físico-químicas de estabilidad. Conoce algunos ejemplos de evolución y transformación mineral por medio de diagramas de fases.</p> <p>Est.GO.2.4.1. Compara los diferentes ambientes y procesos geológicos en los que se forman los minerales y las rocas. Identifica algunos minerales como característicos de cada uno de los procesos geológicos de formación.</p>
BLOQUE 8: Recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas		
Recursos renovables y no renovables. Clasificación utilitaria de los recursos minerales y energéticos. Yacimiento mineral . Conceptos de reservas y leyes. Principales tipos de interés económico a nivel mundial. Exploración, evaluación y explotación sostenible de recursos minerales y energéticos. La gestión y protección ambiental en las explotaciones de recursos minerales y energéticos.	<p>Crit.GO.8.2. Clasificar los recursos minerales y energéticos en función de su utilidad.</p> <p>Crit.GO.8.3. Explicar el concepto de yacimiento mineral como recurso explotable, distinguiendo los principales tipos de interés económico.</p> <p>Crit.GO.8.4. Conocer las diferentes etapas y técnicas empleadas en la exploración, evaluación y explotación sostenible de los recursos minerales y energéticos.</p> <p>Crit.GO.8.5. Entender la gestión y protección ambiental como una cuestión inexcusable para cualquier explotación de los recursos minerales y energéticos.</p>	<p>Est.GO.8.3.1. Conoce el concepto de yacimiento mineral y sus principales tipos, y los relaciona con alguno de los procesos geológicos formadores de minerales y de rocas.</p>
BLOQUE 10: Geología de campo		
De cada práctica de campo: --. Geología local, del entorno del centro educativo, o del lugar de la práctica, y Geología regional. -. Recursos y riesgos geológicos. -. Elementos singulares del patrimonio geológico del lugar donde se realiza la práctica.	Crit.GO.10.3. Observar los principales elementos geológicos de los itinerarios.	Est.GO.10.3.3. Reconoce y clasifica muestras de rocas, minerales y fósiles.

Tabla A5: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato según el currículo oficial (BOA).

Anexo 3: Análisis de libros de texto

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	TOTAL DE LIBROS (5)
1. Ausencia o presencia del término "mineral". Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SM1, SA1, A1, E1, V1 • No: - 	5 0
2. a. ¿Se define conceptualmente? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SM1, SA1, A1, E1, V1 • No: - 	5 0
2. b. Calidad de la definición. Completa/Semicompleta/Incompleta <ul style="list-style-type: none"> • Completa: A1, V1 • Semicompleta: SM1, E1 • Incompleta: SA1 	2 2 1
3. ¿Se explican las propiedades macroscópicas y microscópicas? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SM1, SA1, A1, E1, V1 • No: - 	5 0
4. a. ¿Se clasifican los minerales? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SM1, SA1, A1, E1 • No: V1 	4 1
4. b. ¿Cómo se clasifican? <ul style="list-style-type: none"> • Por sus usos: SM1, E1 • Por su composición química: S1, A1 	2 2
5. a. ¿Se indican los usos de los minerales? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SM1, SA1, A1, E1, V1 • No: - 	5 0
5.b. ¿Existe relación entre las propiedades y los usos? (Total/Parcial/Nada) <ul style="list-style-type: none"> • Total: - • Parcial: SM1 • Nada: SA1, A1, V1, E1 	0 1 4
6. ¿Qué tipo de imágenes se incluyen? Motivadoras/Cognitivas/Ambas <ul style="list-style-type: none"> • Motivadoras: - • Cognitivas: - • Ambas: SM1, SA1, AN1, E1, V1 	0 0 5
7. ¿Qué tipo de actividades se incluyen? Teóricas/Prácticas/Ambas <ul style="list-style-type: none"> • Teóricas: - • Prácticas: - • Ambas: SM1, SA1, A1, E1, V1 	0 0 5
8. ¿Existen contradicciones internas? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: Sm1, SA1, A1, E1, V1 • No: - 	5 0
9. ¿Hay presencia de ideas alternativas? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SM1, SA1, A1, E1, V1 • No: - 	5 0

Tabla B1: Resultados del análisis de contenidos obtenidos tras la aplicación del cuestionario a los libros de 1º de la ESO. Junto a cada categoría y subcategoría del análisis se indica la sigla que hace referencia al libro que presenta esos contenidos.

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	TOTAL DE LIBROS (5)
1. Ausencia o presencia del término "mineral". Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SM3, SA3, A3, E3, V3 • No: - 	5 0
2. a. ¿Se define conceptualmente? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SA3 • No: SM3, A3, E3, V3 	1 4
2. b. Calidad de la definición. Completa/Semicompleta/Incompleta <ul style="list-style-type: none"> • Completa: - • Semicompleta: SA3 • Incompleta: - 	0 1 0
3. ¿Se explican las propiedades macroscópicas y microscópicas? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SA3 • No: SM3, A3, E3, V3 	1 4
4. a. ¿Se clasifican los minerales? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: - • No: SM3, SA3, A3, E3, V3 	0 5
4. b. ¿Cómo se clasifican? <ul style="list-style-type: none"> • Por sus usos: - • Por su composición química: - 	0
5. a. ¿Se indican los usos de los minerales? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SA3 • No: SM3, A3, E3, V3 	1 4
5.b. ¿Existe relación entre las propiedades y los usos? (Total/Parcial/Nada) <ul style="list-style-type: none"> • Total: - • Parcial: - • Nada: SA3 	0 0 1
6. ¿Qué tipo de imágenes se incluyen? Motivadoras/Cognitivas/Ambas <ul style="list-style-type: none"> • Motivadoras: SM3, E3, V3 • Cognitivas: - • Ambas: SA3, A3 	3 0 2
7. ¿Qué tipo de actividades se incluyen? Teóricas/Prácticas/Ambas <ul style="list-style-type: none"> • Teóricas: E3, V3 • Prácticas: - • Ambas: SM3, SA3, A3 	2 0 3
8. ¿Existen contradicciones internas? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SA3, E3?, • No: SM3, A3, V3 	2 3
9. ¿Hay presencia de ideas alternativas? Si/No <ul style="list-style-type: none"> • Si: SA3, A3 • No: SM3, E3, V3 	2 3

Tabla B2: Resultados del análisis de contenidos obtenidos tras la aplicación del cuestionario a los libros de 3º de la ESO. Junto a cada categoría y subcategoría del análisis se indica la sigla que hace referencia al libro que presenta esos contenidos.

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	TOTAL DE LIBROS (5)
1. Ausencia o presencia del término "mineral". Si/No • Si: SM4, SA4, A4, E4, V4 • No: -	5 0
2. a. ¿Se define conceptualmente? Si/No • Si: - • No: SM4, SA4, A4, E4, V4	0 5
2. b. Calidad de la definición. Completa/Semicompleta/Incompleta • Completa: - • Semicompleta: - • Incompleta: -	0 0 0
3. ¿Se explican las propiedades macroscópicas y microscópicas? Si/No • Si: - • No: SM4, SA4, A4, E4, V4	0 5
4. a. ¿Se clasifican los minerales? Si/No • Si: - • No: SM4, SA4, A4, E4, V4	0 5
4. b. ¿Cómo se clasifican? • Por sus usos: - • Silicatos y no silicatos: -	0
5. a. ¿Se indican los usos de los minerales? Si/No • Si: - • No: SM4, SA4, A4, E4, V4	0 5
5.b. ¿Existe relación entre las propiedades y los usos? (Total/Parcial/Nada) • Total: - • Parcial: - • Nada: -	0 0 0
6. ¿Qué tipo de imágenes se incluyen? Motivadoras/Cognitivas/Ambas • Motivadoras: SM4, SA4, E4, V4 • Cognitivas: A4 • Ambas: -	4 1 0
7. ¿Qué tipo de actividades se incluyen? Teóricas/Prácticas/Ambas • Teóricas: V4 • Prácticas: SM4 • Ambas: A4, E4	1 1 2
8. ¿Existen contradicciones internas? Si/No • Si: - • No: SM4, SA4, A4, E4, V4	0 5
9. ¿Hay presencia de ideas alternativas? Si/No • Si: - • No: SM4, SA4, A4, E4, V4	0 5

Tabla B3: Resultados del análisis de contenidos obtenidos tras la aplicación del cuestionario a los libros de 4º de la ESO. Junto a cada categoría y subcategoría del análisis se indica la sigla que hace referencia al libro que presenta esos contenidos.