

**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**

Especialidad en Biología y Geología

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2020/2021**

La geosfera y sus minerales: desarrollo de una unidad didáctica
The geosphere and its minerals: development of a teaching unit

Autora: Graciela Ponce Antón

Directora: Beatriz Mazas Gil



Universidad
Zaragoza



ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	2
A. Presentación personal	2
B. Presentación del currículo académico.....	2
C. Contexto del centro donde se han realizado los Practicum I y II.....	3
D. Presentación del trabajo	3
II. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM	4
a. Actividad 1.....	4
b. Actividad 2.	5
III. PROPUESTA DIDÁCTICA	6
A. Título y nivel educativo	6
B. Evaluación inicial.....	6
C. Objetivos del currículo.....	8
D. Justificación	10
1. Justificación de la propuesta didáctica.....	10
2. Justificación metodológica	11
IV. ACTIVIDADES	12
A. Contexto del aula y participantes	12
B. Objetivo/s concreto/s de cada actividad.....	12
C. Contenidos de cada actividad	13
D. Temporalización y recursos necesario.....	14
E. Metodología utilizada.....	15
F. Criterios de evaluación y de calificación e instrumentos utilizados	16
G. Desarrollo de las actividades	17
V. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE	22
VI. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA	26
VII. CONSIDERACIONES FINALES	27
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

Nombre del alumno	Graciela Ponce Antón
Directora del TFM	Beatriz Mazas Gil
Tutor del Centro de Prácticas II	Fernando Pablo Urbano
Centro Educativo	I.E.S Rodanas (Épila)
Curso en el que se desarrolla la propuesta	1º de E.S.O.
Tema de la propuesta	La geosfera y sus minerales

I. INTRODUCCIÓN

A. Presentación personal

Siempre he sentido la necesidad de conocer el porqué de las cosas, obtener un argumento lógico que explicase aquello que no entendiera. Así, encontré en la geología el modo de comprender el mundo que me rodea, de conocer lo que hay más allá de lo que mis pies pisan y mis ojos ven. Amante de la naturaleza y empedernidamente curiosa, mi motivación por la ciencia y el saber ha quedado reflejada en cada una de las etapas de mi vida. La creatividad siempre ha sido el hilo conductor de mis ideas, así siempre tengo cerca un papel y un lápiz para escribir o dibujar lo que veo, pienso o siento. A través de los años he procurado transmitir tanto esa motivación por la ciencia y la geología como la virtud de la creatividad como vía para conectar con las ideas y las personas. Por ello, decidí estudiar este máster con el objetivo de llegar a conectar con nuevas mentes y poder mostrarles que las ciencias no son aburridas sino un fascinante mundo por descubrir y experimentar.

B. Presentación del currículo académico

Licenciada en Geología por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en 2013, en 2014 perfeccioné mis estudios cursando el Máster de Cuaternario: Cambios Ambientales y Huella Humana en la misma universidad, abordando el uso de distintas técnicas analíticas aplicadas al estudio de materiales. En junio de 2020 obtuve el título de Doctora en Geología con mención Cum laude tras realizar una línea de investigación centrada en el estudio arqueométrico de morteros de cal de distintos edificios históricos de época romana y medieval, dentro de un marco multidisciplinar. En dicha investigación focalicé el estudio de estos materiales hacia la mineralogía aplicada a la conservación del Patrimonio Arquitectónico. Con el objetivo de profundizar en el conocimiento y conocer nuevos grupos de investigación, durante el periodo de tesis realicé distintas estancias en la Universidad de Granada y la Åbo Akademi University de Turku (Finlandia). Fruto de las investigaciones realizadas, los resultados obtenidos fueron dados a conocer través de su publicación en diversas revistas científicas. Así mismo, también he colaborado en la docencia universitaria y participado en actividades de divulgación de la geología. En lo referente al conocimiento de idiomas, hablo castellano y euskera como idiomas nativos y francés e inglés como idiomas extranjeros.

C. Contexto del centro donde se han realizado los Practicum I y II

El presente trabajo ha sido desarrollado en el centro educativo público I.E.S Rodanas de Épila (Zaragoza, Aragón). Este centro se localiza en un entorno rural y da cobertura educativa a la subcomarca norte del Valdejalón. En la actualidad el centro asiste a algo más de cuatrocientos alumnos/as de nueve municipios con edades comprendidas, fundamentalmente, entre los doce y veinte años.

La diversidad que acoge el centro también es visible en la diversidad cultural de la zona, entre la cual destaca el elevado porcentaje de alumnado gitano. Estas características hacen que exista cierta brecha cultural, lingüística, económica y motivacional entre el alumnado. La gran heterogeneidad del centro da, por tanto, una respuesta educativa tanto a familias que se encuentran en situación de exclusión social como a familias con altas expectativas respecto a la formación de sus hijos/as. Así mismo, el I.E.S. Rodanas da respuestas específicas que se ajustan a las características y demandas del alumnado, entre los que se encuentran el programa de aprendizaje inclusivo (PAI), programas de mejora del aprendizaje y del rendimiento (PMAR) y el programa para el desarrollo personal y social (PDPS). Por todo ello, en el I.E.S Rodanas la diversidad es entendida como una oportunidad educativa.

D. Presentación del trabajo

Este trabajo comienza con una introducción donde se realiza tanto una presentación personal, una presentación del currículum académico como una descripción del contexto del centro donde se han realizado el *Practicum I* y *Practicum II*. A continuación, se presenta el análisis didáctico de dos actividades realizadas en la asignatura de *Diseño de Actividades de Aprendizaje en Biología y Geología* del Máster y su aplicación en el *Practicum II* para posteriormente exponer la propuesta didáctica en relación a la geosfera y sus minerales. Tras presentar las actividades llevadas a cabo en el desarrollo de la unidad didáctica, se expone un análisis de los resultados de aprendizaje. Finalmente, se exponen unas consideraciones finales en relación a la experiencia tanto en el Máster como en el *Practicum I* y *Practicum II*.

El presente trabajo ha sido desarrollado en el curso académico 2020/2021 durante la actividad docente llevada a cabo en el segundo periodo de prácticas del Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas en la especialidad en Biología y Geología.

La propuesta didáctica planteada se enmarca en la asignatura de Biología y Geología de 1º de E.S.O. y se emplaza en el Bloque 2: *La dinámica de la Tierra*, del currículum determinado por la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículum de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

El planteamiento de las actividades desarrolladas en la unidad didáctica ha tenido como objetivo conectar los contenidos teóricos recogidos en el currículum de forma práctica, aunando distintas metodologías de aprendizaje con el fin de favorecer la motivación del alumnado hacia las ciencias y, en especial, la geología.

Dada la circunstancia sanitaria actual derivada de la COVID-19, durante el transcurso de todas las actividades realizadas se tomaron medidas de seguridad e higiene pertinentes, manteniendo los grupos burbuja establecidos de acuerdo al Plan de Contingencia del centro.

II. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM

a. Actividad 1.

La primera actividad analizada se basa en la Práctica 9: *Taller de modelización: Corrientes marinas, icebergs y banquisas* realizada en la asignatura de *Diseño de Actividades de Aprendizaje en Biología y Geología*. En dicha actividad se pusieron en práctica actividades de modelización con las que investigar la relación entre la temperatura y la densidad de un líquido, en este caso el agua, y su influencia en la formación de corrientes y en algunos ecosistemas acuáticos. Así se realizó la simulación de la estructura y dinámica de una termoclina o la simulación de corrientes marinas como la masa de agua profunda del Atlántico Norte (NADW) de sus siglas en inglés *North Atlantic Deep Water*. Durante la práctica se emplearon distintos colorantes que permitían ver la disposición y movimiento de la masa de agua en función de su densidad, permitiendo describir e interpretar lo que sucedía.

Una modificación de esta actividad de modelización fue trasladada al aula de Secundaria en la primera sesión (S1) de la unidad didáctica llevando a cabo una experiencia que permitió al alumnado modelizar el interior de la geosfera. Así el alumnado pudo experimentar la estructuración de la geosfera en diferentes capas (ver Actividad 1 en el Apartado IV ACTIVIDADES, Sección G: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES) permitiéndoles comprender mejor los contenidos vistos previamente.

De acuerdo con los rasgos o pedagogías de modelización descritas por Campbell, Oh, Maughn, Kiriazis y Zuwallack (2015), la actividad de modelización trasladada al aula se enmarcaría dentro de la *Modelización experimental*, donde el alumnado puede formular hipótesis y predicciones a partir del modelo puesto a prueba. De acuerdo con Justi (2011), la modelización es el proceso en el que se crean, revisan y/o emplean modelos, ya sean representaciones abstractas o materiales, con un enfoque dinámico y creativo. Así, comprender la estructuración de la geosfera en distintas capas de acuerdo a su composición resulta esencial. En este sentido, a pesar de que el currículo de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) para 1º de E.S.O. indica que la interpretación de la estructura en capas de la geosfera se debe abordarse desde el modelo geoquímico, en base a la composición de los materiales relacionando las características de los materiales con su ubicación en el interior de la geosfera, algunas editoriales introducen los términos litosfera o astenosfera propios del modelo geodinámico, basado en las propiedades mecánicas de los materiales (Cortés Gracia y Martínez Peña, 2017). Por todo ello, involucrar al alumnado en prácticas científicas auténticas de modelización es de gran importancia ya que implica comprometerle en la práctica y no posicionarlo como espectador y consumidor de conocimiento científico, ayudándoles así a comprender mejor las grandes ideas de la ciencia (Acher, 2014; Oliva, 2019).

b. Actividad 2.

La segunda actividad analizada se basa en la Práctica 2: *Los minerales y sus usos* realizada en la asignatura de *Diseño de Actividades de Aprendizaje en Biología y Geología*. En esta actividad se llevaron a cabo diferentes aspectos relacionados con el desarrollo de las fases de creación de un modelo de mineral. Así, se tomaba como objetivo adquirir un modelo de mineral más complejo del que se partía inicialmente, comprendiendo la relación entre la composición química de un mineral y su estructura cristalina en el reflejo de éstas en las propiedades minerales, así como la relación entre las propiedades que los minerales con sus usos en la vida cotidiana, siendo conscientes así de las limitaciones del modelo de mineral desde la perspectiva de su enseñanza en las aulas. Para ello, se realizó una secuencia didáctica trabajar el modelo de mineral de acuerdo con la propuesta por Mazas, Bravo, Mateo, Lucha, Cortés y Martínez-Peña (2018). En primer lugar, se identificaron las ideas previas. Posteriormente, se emplearon distintos objetos para identificar diferentes propiedades minerales y así poder agrupar distintos ejemplares minerales desconocidos en función de éstas, siendo cada uno representativo de cada propiedad. Finalmente, se realizó la actividad *Cada oveja con su pareja* en la que se relacionaron distintos ejemplares minerales con su uso cotidiano justificando el porqué de la relación.

La secuencia didáctica llevada a cabo para trabajar el modelo de mineral fue trasladada al aula de Secundaria en dos sesiones distintas. La identificación de ideas previas se realizó en la primera sesión (S1) de la unidad didáctica durante la evaluación inicial (ver Apartado III PROPUESTA DIDÁCTICA, Sección B: EVALUACIÓN INICIAL) en la que mediante la realización de un dibujo como forma de representación se pudo conocer el modelo mental inicial de mineral del alumnado. La segunda y tercera parte de la secuencia didáctica descrita para trabajar el modelo de mineral se llevaron al aula durante la sexta sesión (S6) de la unidad didáctica. En base a la actividad de la segunda parte de la secuencia, se realizó una actividad en la que el alumnado debía ordenar ejemplares minerales desconocidos en función de su dureza (ver Actividad 6 en el Apartado IV ACTIVIDADES, Sección G: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES). La relación de distintos ejemplares minerales con su uso cotidiano justificando el porqué de la relación fue realizada del mismo modo que se planteó en la tercera parte de la secuencia, llevando al aula la actividad *Cada oveja con su pareja* (ver Actividad 7 en el Apartado IV ACTIVIDADES, Sección G: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES).

De acuerdo con Adúriz-Bravo (2012) y Gilbert, Boulter y Elmer (2000) un modelo es la representación de un objeto o un fenómeno con el objetivo de describir, explicar o predecir situaciones y/o hechos. Así, el desarrollo de esta secuencia de actividades propuesta durante el máster resulta de gran importancia ya que los modelos tanto en la ciencia como en la educación científica suponen la mediación entre el mundo real y las teorías (Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez y Oliva-Martínez, 2017; Justi, 2006). Por lo tanto, en un contexto didáctico, los modelos desempeñan un papel esencial en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Oliva, 2019). Sin embargo, en el currículo de la enseñanza obligatoria no se desarrolla una secuencia de profundización progresiva en el modelo de mineral, ya que éste se realiza de manera independiente sin vincular conceptos como formación, propiedades y usos (Laita, Mateo, Mazas, Bravo y Lucha, 2018). Además, cabe destacar que el alumnado presenta dificultades a la hora de entender el modelo de mineral ya desde Educación Primaria (Monteiro, Nóbrega, Abrantes y Gomes, 2012).

III. PROPUESTA DIDÁCTICA

A. Título y nivel educativo.

La presente unidad didáctica lleva por título *La geosfera y sus minerales: desarrollo de una unidad didáctica - The geosphere and its minerals: development of a teaching unit* y ha sido desarrollada en el grupo C de 1º de E.S.O.

B. Evaluación inicial

Para llevar a cabo la evaluación inicial, y así poder realizar el diseño de la propuesta didáctica, se ha tenido en cuenta tanto el análisis vertical del currículo en la enseñanza obligatoria como las ideas previas en la enseñanza de las ciencias en relación a la geosfera y los minerales.

La Tabla 1 muestra el análisis vertical del currículo en la enseñanza obligatoria, recogiendo los criterios de evaluación en relación a los contenidos de la geosfera y los minerales tanto en Educación Primaria como en 1º de E.S.O. Se puede observar como los contenidos relacionados con la geosfera ya se abordan desde el cuarto curso de Educación Primaria, mientras que los contenidos relacionados con los minerales comienzan a abordarse en el quinto curso de esa misma etapa. Por lo tanto, el alumnado que llega a 1º de E.S.O ya debería tener una base de conocimientos previos sobre la geosfera y los minerales. Por otro lado, se puede observar cómo, en relación a la interpretación de la estructura en capas de la geosfera, en sexto curso de Primaria se introduce el término *litosfera*, propio del modelo geodinámico, cuando los criterios de evaluación apuntan a abordar el modelo geoquímico. Así mismo, cabe destacar que en el currículo en Educación Primaria los contenidos relacionados con la geosfera y los minerales se contemplan dentro de la asignatura de Ciencias Sociales.

Tabla 1. Análisis vertical del currículo en la enseñanza obligatoria. Criterios de evaluación en relación a los contenidos de la geosfera y los minerales abordados tanto en Educación Primaria como en 1º de E.S.O.

Curso Contenido	4º de Educación Primaria	5º de Educación Primaria	6º de Educación Primaria	1º de E.S.O.
Geosfera	Crit.CS.2.5. Describir las características de las capas externas de la Tierra apoyándose en una representación gráfica, y definir roca, distinguiendo tipos, propiedades, usos, e identificar las rocas en paisajes de Aragón.	Crit.CS.2.5. Describir la Tierra según las características de sus capas internas o externas y comparar roca y mineral, sus tipos, propiedades, usos y utilidades.	Crit.CS.2.5. Identificar las capas de la tierra representándolas gráficamente, así como el concepto de litosfera, conociendo algunos tipos de rocas y clasificando algunos minerales según propiedades y usos.	Crit.BG.2.6. Identificar los materiales terrestres según su abundancia y distribución en las grandes capas de la Tierra.
Minerales		Crit.CS.2.5. Describir la Tierra según las características de sus capas internas o externas y comparar roca y mineral, sus tipos, propiedades, usos y utilidades.	Crit.CS.2.5. Identificar las capas de la tierra representándolas gráficamente, así como el concepto de litosfera, conociendo algunos tipos de rocas y clasificando algunos minerales según propiedades y usos.	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.

De acuerdo con Ejarque Ortiz, Bravo Torija y Mazas Gil (2016) «*las ideas alternativas son los conceptos que tienen los alumnos sobre una cuestión específica, que les ayudan a dar respuesta y a interpretar fenómenos de una forma diferente a la explicación científica*». Estas ideas alternativas se desarrollan desde edades muy tempranas y pueden mantenerse a lo largo de los años, por lo que conocer las ideas alternativas que presenta el alumnado acerca de los contenidos a abordar permite construir aprendizajes consolidados y sin errores (Baena Noguerras y Gutiérrez Pérez, 2012; Cañal, García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016). Ramos, Praia, Marqués y Pereira (2001) apuntan a que el origen de estas ideas alternativas puede proceder desde de datos obtenidos por procesos sensoriales y perceptivos hasta de creencias introducidas socialmente. En relación a aquellas ideas alternativas que se desarrollan durante la educación formal, Calixto Flores y García Ruiz (2011) y Carrascosa (2005) señalan que éstas pueden proceder tanto de los libros de texto como de las explicaciones del profesorado. En relación a las **ideas alternativas relacionadas con la geosfera**, de acuerdo con Ejarque *et al.* (2016) el alumnado de Educación Secundaria sobredimensiona la corteza terrestre. Este aspecto también es común en profesores de Secundaria en formación, la mayoría de los cuales no sólo no son capaces de establecer una escala adecuada de las capas de la geosfera, sobredimensionando el espesor relativo de las capas, sino que tampoco son capaces de reconocer la división de corteza, manto y núcleo (Carrillo Rosúa, Vílchez González y González García, 2010). Por otro lado, la presencia de **ideas alternativas sobre minerales** entre el alumnado hace que éste presente dificultades a la hora de entender y comprender el modelo de mineral (Duran y Puigserver, 2017). Además, el hecho de que los minerales se traten, fundamentalmente, de forma teórica dentro del aula, la variedad de definiciones sobre el concepto de mineral así como la transposición didáctica de este término a los libros de texto, contribuye a dificultar el proceso de aprendizaje del alumnado (Mateo *et al.*, 2017). El alumnado percibe los minerales como algo bonito y brillante que se encuentra bajo el suelo, percibiéndolos como valiosos y llegando a confundirlos con rocas, vidrio u objetos artificiales (Duran y Puigserver, 2017; Ramos *et al.*, 2001). De acuerdo con Monteiro *et al.* (2012), el alumnado también presenta dificultades para reconocer que los minerales tienen una estructura interna y una composición química definida. Respecto a las ideas previas sobre los usos de los minerales, el alumnado tiende a relacionarlos, fundamentalmente, con la joyería, la ornamentación y la construcción, no siendo conscientes de su presencia en muchos de los objetos y productos de la vida cotidiana (Jiménez Millán *et al.*, 2008).

La evaluación inicial se diseñó teniendo en cuenta el análisis vertical del currículo en la enseñanza obligatoria y las ideas previas en la enseñanza de las ciencias. Así, los resultados de la evaluación inicial mostraron cómo todo el alumnado sabía que el planeta Tierra está compuesto por distintos materiales y que éste tiene un núcleo, habiendo respondido afirmativamente a las preguntas «¿El interior de la Tierra está compuesto por distintos materiales?» y «¿El planeta Tierra tiene núcleo?». Sin embargo, ante la pregunta «¿Sabes lo que es la corteza terrestre?» el 27% del alumnado no sabía qué es la corteza terrestre. En lo que se refiere a el uso de los minerales, sólo dos alumnos respondieron afirmativamente a la pregunta «¿Sabes para qué sirven los minerales?», indicando que sirven para «hacer joyas, anillos, etc» y para «hacer cristal, plástico, mármol y más materiales». Al preguntar al alumnado «¿Dónde has visto minerales?» éstos afirmaron haberlos visto en documentales, películas, fotos, noticias, minas, cuevas y en el monte. Sólo el 20% del alumnado señaló haber visto minerales en la escuela.

En la evaluación inicial también se pidió al alumnado que definiera los conceptos de *geosfera* y *mineral*. Así, para la mayor parte del alumnado la geosfera es «La capa de rocas

de la Tierra» siendo definida también como «*Todos los materiales de la Tierra*», «*Todos los materiales rocosos de la Tierra*», «*Conjunto de rocas en la superficie*», «*La capa de rocas, minerales...que hay en la Tierra*», «*El interior de la tierra formado por piedras*». A la hora de definir qué es un mineral, el alumnado lo definió como «*Capa de cristales importantes*», «*Piedra cristalizada*», «*Una roca o un diamante*», «*Un tipo de roca que cuesta encontrar*» o «*Piedras preciosas que se sacan de minas*», siendo habitual describirlos como pequeños, bonitos, con valor o brillantes. Para conocer mejor el modelo mental inicial del alumnado se le pidió que realizara un dibujo tanto de la geosfera como de un mineral (Figura 1).

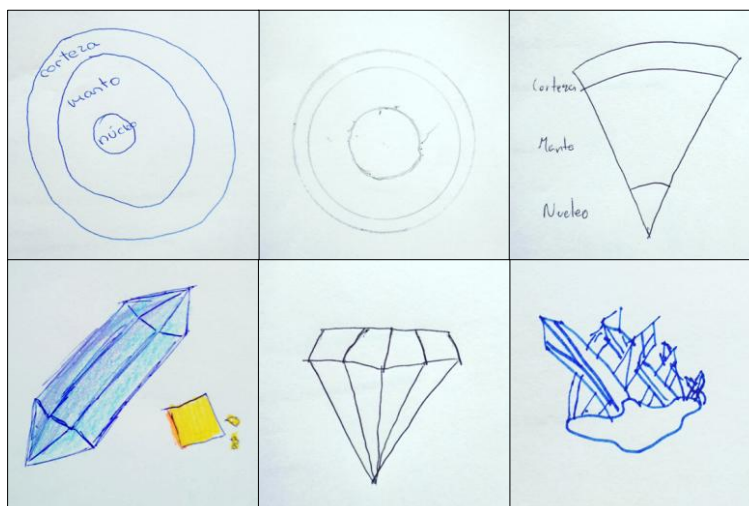


Figura 1. Ejemplos de los modelos mentales iniciales de *geosfera* y *mineral* del alumnado. Arriba, modelo mental inicial de geosfera. Abajo, modelo mental inicial de mineral.

C. Objetivos del currículo

La unidad didáctica seleccionada, *La geosfera y sus minerales*, se enmarca en el Bloque 2: *La Tierra en el Universo* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de E.S.O. del currículo determinado por la 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. A continuación, se indican los **objetivos didácticos** (OD) propuestos y que el alumnado debe haber alcanzado como consecuencia del proceso de enseñanza aprendizaje:

- OD.1. Comprender qué es la geosfera.
- OD.2. Identificar las diferentes capas que forman la geosfera.
- OD.3. Describir las características principales de las diferentes capas que forman la geosfera.
- OD.4. Describir las características principales que definen a un mineral.
- OD.5. Diferenciar un mineral entre otros elementos que no lo son.
- OD.6. Identificar distintos ejemplares minerales.
- OD.7. Conocer las principales propiedades de los minerales.

- OD.8. Asociar los principales minerales con sus aplicaciones en la vida cotidiana.
- OD.9. Buscar y seleccionar información para formar una opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados con la explotación de recursos minerales.
- OD.10. Utilizar apropiadamente, y adecuado a su nivel, los términos más frecuentes del vocabulario científico, tanto oralmente como por escrito.

El desarrollo de esta unidad didáctica contribuye, fundamentalmente, a la obtención de los siguientes **objetivos generales de etapa** establecidos de acuerdo a la Orden ECD/489/2016:

- Obj.BG.1. Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos y apreciar la importancia de la formación científica.
- Obj.BG.2. Conocer los fundamentos del método científico, así como estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias (discusión del interés de los problemas planteados, formulación de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales y análisis de resultados, consideración de aplicaciones y repercusiones dentro de una coherencia global) y aplicarlos en la resolución de problemas. De este modo, comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y la Geología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones (culturales, económicas, éticas, sociales, etc.) que tienen tanto los propios fenómenos naturales como el desarrollo técnico y científico, y sus aplicaciones.

Obj.BG.3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otros, argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

Obj.BG.7. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente; haciendo hincapié en entender la importancia del uso de los conocimientos de la Biología y la Geología para la comprensión del mundo actual, para la mejora de las condiciones personales, ambientales y sociales y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a los problemas actuales a los que nos enfrentamos para avanzar hacia un futuro sostenible.

Los objetivos generales de etapa para la E.S.O. y su relación con los criterios de evaluación y competencias clave del Bloque 2: *La Tierra en el Universo* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de E.S.O. establecidos de acuerdo a la Orden ECD/489/2016 aparecen recogidos en la Tabla 2. Los objetivos generales y didácticos abordados en cada una de las actividades planteadas en la unidad didáctica se recogen en la Tabla 3.

Durante el desarrollo de la presente unidad didáctica el alumnado ha adquirido la Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT) y las Competencias sociales y cívicas (CSC) tal y como se establece en el currículo para la asignatura de Biología y Geología (Tabla 2). Así mismo, además de las competencias clave establecidas en el currículo, durante el desarrollo de la unidad didáctica el alumnado también ha adquirido la competencia digital (CD) y la competencia en comunicación lingüística (CCL). Mientras que el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs)

como herramienta motivadora y facilitadora del aprendizaje en el aula ha permitido desarrollar la CD, la adquisición de un vocabulario específico, adecuado al nivel académico correspondiente, ha permitido desarrollar la CCL. Por otro lado, el desarrollo de las actividades propuestas también ha permitido trabajar la capacidad creativa (CC) y la capacidad trabajo en equipo (CTE) como competencias transversales. La Tabla 4 recoge las competencias desarrolladas de acuerdo a los contenidos y actividades desarrolladas en cada una de las sesiones (S) establecidas en la unidad didáctica.

Tabla 2. Relación de los objetivos generales de etapa para la E.S.O. con los criterios de evaluación y competencias clave del Bloque 2: *La Tierra en el Universo* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de E.S.O. de acuerdo a la Orden ECD/489/2016.

Objetivo General	Criterios de evaluación	Competencias clave
Obj.BG.2. Obj.BG.3.	Crit.BG.2.6. Identificar los materiales terrestres según su abundancia y distribución en las grandes capas de la Tierra.	CMCT
Obj.BG.1. Obj.BG.2. Obj.BG.3. Obj.BG.7.	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.	CMCT CSC

Tabla 3. Relación de los objetivos generales de etapa para la E.S.O y los objetivos didácticos con cada una de las actividades planteadas en la unidad didáctica.

Actividad Objetivo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
General de Etapa	Obj.BG.1. Obj.BG.2. Obj.BG.3.	Obj.BG.2.	Obj.BG.1. Obj.BG.3.	Obj.BG.1. Obj.BG.2. Obj.BG.3.	Obj.BG.2. Obj.BG.3.	Obj.BG.2. Obj.BG.3.	Obj.BG.1. Obj.BG.3. Obj.BG.7.
Didáctico	OD.1. OD.2. OD.3. OD.10.	OD.7. OD.10.	OD.4. OD.9. OD.10.	OD.4. OD.9. OD.10.	OD.4. OD.6. OD.7. OD.10.	OD.4. OD.6. OD.7. OD.10.	OD.5. OD.6. OD.8. OD.10.

Tabla 4. Competencias desarrolladas de acuerdo con los contenidos y actividades desarrolladas en cada una de sesiones propuestas para la unidad didáctica.

Sesión (S)	Contenidos					Actividad (A)	Competencias
	La geosfera	Estructura y composición de corteza, manto y núcleo	Minerales: características	Minerales: propiedades	Minerales: utilidades		
S1						A1	CMCT-CSC-CCL-CC-CTE
S2						-	CMCT-CSC-CCL
S3						A2	CMCT-CSC-CCL-CC
						A3	CMCT-CSC-CCL
S4						A4	CMCT-CSC-CCL
S5						A5	CMCT-CSC-CD-CCL-CC-CTE
S6						A6	CMCT-CSC-CCL-CC-CTE
						A7	

D. Justificación

1. Justificación de la propuesta didáctica

De acuerdo con el último Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes o Informe PISA (de sus siglas en inglés *Programme for International Student*

Assessment) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el rendimiento en ciencias del alumnado en España se sitúa seis puntos por debajo del conjunto de países pertenecientes a la OCDE, por debajo de países como Portugal, Francia y Reino Unido a nueve, diez y veintidós puntos, respectivamente; habiendo empeorado los resultados obtenidos en 2006 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2018). En este sentido, la disminución de la cantidad de jóvenes europeos que estudian ciencias dificulta la alfabetización científica de la ciudadanía (Rocard *et al.*, 2007). La falta de motivación y la percepción negativa del alumnado hacia las ciencias por considerarlas difíciles, aburridas o sin utilidad son aspectos que contribuyen al rechazo y abandono de las mismas (Vázquez y Manassero, 2008). Es por ello que para afrontar el abandono hacia las ciencias es necesario actuar antes de que se adquieran actitudes negativas hacia las mismas (Robles, Solbes Matarredona, Cantó Doménech y Lozano Lucia, 2015). La geosfera y los minerales forman parte del currículo de la enseñanza obligatoria, tanto en la Educación Primaria como en la Educación Secundaria. Así, de acuerdo con Pedrinaci *et al.* (2013) el alumnado debe conocer la estructuración en capas de la geosfera y los minerales que la componen al finalizar la educación obligatoria para así poder considerarlo/a una persona alfabetizada en ciencias. La presencia de ideas alternativas sobre la geosfera y los minerales hace que resulte fundamental el diseño específico de actividades en el aula que promuevan el cambio conceptual de las ideas alternativas relacionadas con la geosfera y que permitan trabajar el modelo de mineral, relacionándolo con su composición, estructura, propiedades y posibles usos cotidianos, con el fin tanto de mejorar el conocimiento del alumnado como de potenciar su interés y motivación por las ciencias (Duran y Puigcerver, 2017; Ejarque *et al.*, 2016; Mazas *et al.*, 2018) Por lo tanto, cómo se aborda el estudio de los materiales terrestres en la enseñanza obligatoria tiene una repercusión directa en la percepción del alumnado hacia las ciencias y por consiguiente en su interés y motivación hacia la misma.

2. Justificación metodológica

La propia motivación del profesorado y la disposición de éste a la aplicación de nuevas metodologías en el aula permite una adquisición del aprendizaje cuyas características dinámicas y creativas propicia espacios de motivación para el alumnado (Keles y Batal, 2017). De acuerdo con Robes *et al.* (2015), el alumnado rechaza las explicaciones teóricas por considerarlas una forma aburrida de enseñar causando así su desmotivación hacia las ciencias. En el mismo estudio propuesto por estos autores se observa que el alumnado prefiere dinámicas que rompan con el hábito basado en simples explicaciones teóricas, siendo las prácticas experimentales de laboratorio la actividad que más interesa al alumnado, pudiendo así mejorar su motivación científica. En este sentido, promover el aprendizaje de las ciencias en articulación con las prácticas científicas permite al alumnado desarrollar actitudes positivas hacia la ciencia así como comprender mejor el mundo que le rodea (Kuhn y Pearsall, 2000).

Por todo ello, en el diseño de la unidad didáctica se ha apostado favorecer las actitudes positivas hacia la ciencia implementando en el aula de Secundaria tanto prácticas experimentales de laboratorio como metodologías de aprendizaje activas empleadas en los proyectos de innovación educativa, tales como el Aprendizaje-Servicio (ApS) y la gamificación, ya que de acuerdo con García-Peñalvo *et al.* (2015), éstas contribuyen a favorecer la motivación del alumnado. De acuerdo con Pérez Galván *et al.* (2017), el ApS promueve y estimula la participación del alumnado uniendo los contenidos curriculares y el compromiso social, siendo protagonistas activos al implicarse en las necesidades de su entorno. La gamificación, por su parte, emplea estrategias y elementos propios del juego en

un contexto no lúdico con el fin de transmitir los contenidos curriculares a través de una experiencia lúdica (Llorens Largo *et al.*, 2016). Así mismo, el uso de TICs en el aula también contribuye a fomentar el interés del alumnado por el aprendizaje favoreciendo así su motivación (Area *et al.*, 2018). Finalmente, en la presente unidad didáctica también se ha apostado por potenciar la creatividad del alumnado. De acuerdo con González (2020) utilizar la creatividad en la innovación de la enseñanza es clave en el sistema educativo ya que incide en la motivación del alumnado y en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

IV. ACTIVIDADES

A. Contexto del aula y participantes

La propuesta didáctica se ha llevado a cabo con el alumnado del grupo C de 1º de E.S.O., compuesto por quince alumnas y alumnos, del I.E.S. Rodanas de Épila. El desarrollo de la unidad didáctica se ha llevado a cabo dentro del 3º trimestre del año académico 2020/2021, desde el 19 al 29 de abril, a lo largo de seis sesiones de cincuenta y cinco minutos cada una, los días lunes, martes y jueves de cada semana. El contenido de las sesiones se ha abordado siguiendo el libro de texto *Biología y Geología 1º ESO* de la editorial *Grupo SM Educación* seleccionado por el centro (Pedrinaci Rodríguez, Gil, Pascual Trillo y Hidalgo Moreno, 2015). A partir del contenido de dicho libro de texto, se han creado presentaciones PowerPoint para cada una de las sesiones con el objetivo de dinamizar las clases y aportar al alumnado un mayor contenido de imágenes tanto con función motivadora como con función cognitiva (descriptivas e ilustradoras de modelos). De acuerdo con Gil Quílez y Martínez Peña (2005), las imágenes descriptivas promueven la observación, la identificación, la comparación y la clasificación, mientras que las imágenes ilustrativas de modelos favorecen el análisis, la interpretación, la emisión de hipótesis y la deducción. Así mismo, las imágenes e ilustraciones favorecen la construcción de un modelo mental (Perales y Jiménez, 2002).

B. Objetivo/s concreto/s de cada actividad

Los objetivos concretos de cada actividad desarrollada en la unidad didáctica aparecen recogidos en la Tabla 5.

A continuación se detallan cada una de las actividades:

- *Actividad 1(A1) - ¡A experimentar!: Modelización de la geosfera*
- *Actividad 2 (A2) - ¡Dejando volar mi creatividad!*
- *Actividad 3(A3) - Geoda de Pulpi*
- *Actividad 4 (A4) - Minerales de sangre*
- *Actividad 5 (A5) - El Guante de Thanos*
- *Actividad 6 (A6) - Dureza*
- *Actividad 7 (A7) - Cada oveja con su pareja*

Tabla 5. Objetivos concretos de cada actividad desarrollada en la unidad didáctica. A: actividad.

Objetivos	Actividades						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Favorecer la comprensión de la estructura en capas de la geosfera							
Identificar las diferentes capas que forman la geosfera							
Favorecer la comprensión del hábito como propiedad mineral							
Favorecer la comprensión del brillo como propiedad mineral							
Favorecer la comprensión del color como propiedad mineral							
Favorecer la comprensión de la dureza como propiedad mineral							
Identificar distintos ejemplares minerales y/o variedades minerales							
Potenciar la reflexión para formar una opinión propia							
Favorecer la comprensión de la explotación y uso de minerales como recurso natural							
Favorecer la comprensión de los distintos usos que tienen los minerales							
Favorecer la participación activa del alumnado							
Trabajar la indagación							
Trabajar la argumentación							
Trabajar el vocabulario científico							
Potenciar el trabajo en equipo							
Potenciar la creatividad del alumnado							
Potenciar la motivación del alumnado hacia las ciencias							

C. Contenidos de cada actividad

La Tabla 6 recoge los contenidos establecidos en el currículo de acuerdo a la Orden ECD/489/2016 para el Bloque 2: *La Tierra en el Universo* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de E.S.O. Los contenidos desarrollados en la presente unidad *didáctica La geosfera y sus minerales* corresponden a los referidos como: *La geosfera. Estructura y composición de corteza, manto y núcleo. Los minerales: sus propiedades, características y utilidades.* La Tabla 7 muestran los contenidos desarrollados en cada una de las sesiones y actividades de la unidad didáctica.

Tabla 6. Contenidos establecidos en el currículo de acuerdo a la Orden ECD/489/2016 para el Bloque 2: La Tierra en el Universo de la asignatura de Biología y Geología de 1º de E.S.O. En verde, aquellos contenidos desarrollados en la presente propuesta didáctica.

BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA
Bloque 2: La Tierra en el Universo
CONTENIDOS: Los principales modelos sobre el origen del Universo. Características del Sistema Solar y de sus componentes. El planeta Tierra. Características. Movimientos: consecuencias y movimientos. La geosfera. Estructura y composición de corteza, manto y núcleo. Los minerales y las rocas: sus propiedades, características y utilidades. La atmósfera. Composición y estructura. Contaminación atmosférica. Efecto invernadero. Importancia de la atmósfera para los seres vivos. La hidrosfera. El agua en la Tierra. Agua dulce y agua salada: importancia para los seres vivos. Contaminación del agua dulce y salada. La biosfera. Características que hicieron de la Tierra un planeta habitable.

Tabla 7. Contenidos curriculares desarrollados en cada una de las sesiones y actividades establecidas en la unidad didáctica S: sesión. A: actividad.

Contenidos	S1	S2	S3	S4	S5	S6
La geosfera	A1					
Estructura y composición de corteza, manto y núcleo	A1					
Los minerales: características			A2 A3	A4	A5	A6 A7
Los minerales: propiedades			A2 A3	A4	A5	A6
Los minerales: utilidades				A4	A5	A7

D. Temporalización y recursos necesario

La unidad didáctica se ha desarrollado a lo largo de seis sesiones de 55 minutos cada una, los días lunes, martes y jueves, del 19 al 29 de abril. La secuencia temporal de las sesiones aparece recogida en la Tabla 8. La temporalización de las actividades en relación a las sesiones de la unidad didáctica aparece recogida en las Tabla 4 y Tabla 7.

Tabla 8. Temporalización de la unidad didáctica.

Mes	Distribución temporal de la sesiones. Año académico 2020/2021																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Abril																				S1	S2		S3				S4	S5		S6

A continuación, se describe el tiempo (indicado entre paréntesis) y los recursos didácticos necesarios para el desarrollo de las siete actividades propuestas:

- A1 - ¡A experimentar!: Modelización de la geosfera (25 minutos): Para cada grupo: una probeta, tres vasos de precipitados, dos sobres de papel, corchos, aceite de girasol, agua, jabón líquido, clavos y colorante alimenticio rojo y azul, folios, pinturas de colores.
- A2 - ¡Dejando volar mi creatividad! (25 minutos): Cartulinas de colores, escala de Mosh en dos partes, una donde aparezcan los minerales y un espacio donde dibujar el objeto que los raya y otra donde aparezcan los minerales y su dureza, pinturas de colores.
- A3 - Geoda de Pulpi (25 minutos): Folios, un ordenador o dispositivo electrónico.
- A4 - Minerales de sangre (25 minutos): Folios, un ordenador o dispositivo electrónico.

- A5 - El Guante de Thanos (55 minutos): Un ordenador o dispositivo electrónico con el que preparar y presentar el juego, así como un ordenador o dispositivos electrónico por cada grupo de alumnos/as que participen en la actividad. Además, también serán necesario folios, lápices y pinturas de colores.
- A6 - Dureza (15 minutos): Monedas de cinco céntimos, fragmentos de vidrio o portas de vidrio, varios fragmentos de lija, escalas de dureza de Mohs y varios ejemplares minerales reales con distinta dureza.
- A7 - Cada oveja con su pareja (15 minutos): Material para la creación de un juego de cartas con imágenes de minerales y objetos relacionados con sus usos: un ordenador o dispositivo electrónico con el que obtener imágenes prediseñadas, cartulina blanca, impresora, de dos a cuatro ejemplares minerales reales, de dos a cuatro objetos reales.

E. Metodología utilizada

La Tabla 9 recoge las metodologías empleadas en cada una de las sesiones establecidas para la unidad didáctica, así como el principio metodológico de cada una de ellas. La relación de las metodologías con las sesiones y contenidos establecidos en la unidad didáctica aparecen recogidas en la Tabla 10.

Tabla 9. Metodologías empleadas en cada una de las sesiones establecidas para la unidad didáctica. En gris oscuro, sesiones en las que el alumnado ha recibido Aprendizaje-Servicio.

Metodología	Principio metodológico	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6
Clase magistral	Exposición de la información actualizada y organizada por parte del/la docente al alumnado para que éste la comprenda y adquiera el conocimiento.						
Clase Práctica experimental	Manipulación de materiales y observación de determinados procesos con el fin de que el alumnado comprenda y asimile los conocimientos teóricos.						
Aprendizaje-Servicio	Aprendizaje de contenidos académicos uniendo el aprendizaje con el compromiso social, permitiendo potenciar la motivación del alumnado.						
Gamificación	Empleo del juego como herramienta de aprendizaje en entornos no lúdicos, permitiendo interiorizar los contenidos teóricos de forma lúdica y potenciando la motivación del alumnado.						

Tabla 10. Metodologías empleadas en relación a las sesiones y contenidos establecidos en la unidad didáctica. En gris oscuro, sesiones en las que el alumnado ha recibido Aprendizaje-Servicio. CM: clase magistral. CPL: clase práctica de laboratorio. ApS: Aprendizaje-Servicio. G: gamificación.

Sesión (S)	Contenidos					Metodología			
	La geosfera	Estructura y composición de corteza, manto y núcleo	Minerales: características	Minerales: propiedades	Minerales: utilidades	CM	CPE	ApS	G
S1									
S2									
S3									
S4									
S5									
S6									

Los contenidos teóricos se impartieron durante cuatro clases magistrales empleando presentaciones en formato PowerPoint. Con el fin de potenciar la motivación del alumnado y afianzar los contenidos visto durante las clases magistrales, en el desarrollo de la unidad didáctica se han empleado metodologías de aprendizaje activas, a excepción de en la segunda sesión, como prácticas experimentales, gamificación y Aprendizaje-servicio (ApS), estas dos últimas consideradas metodologías innovadoras.

El alumnado del grupo C de 1º de E.S.O. recibió clase en ApS de la mano de sus compañeras/os de la clase de geología de 2º de Bachillerato, a las/os cuales se les preparó previamente y de forma paralela al desarrollo de la presenta unidad didáctica.

F. Criterios de evaluación y de calificación e instrumentos utilizados.

Los contenidos abordados en la presente unidad didáctica *La geosfera y sus minerales*, establecidos en el currículo de acuerdo a la Orden ECD/489/2016 para el Bloque 2: *La Tierra en el Universo* de la asignatura de Biología y Geología de 1º de E.S.O. (Tabla 6 y Tabla 7), han sido evaluados mediante las siete actividades llevadas a cabo a lo largo del desarrollo la unidad didáctica. Los criterios de evaluación y calificación, procedimiento de evaluación e instrumentos de evaluación empleados aparecen recogidos en la Tabla 11.

Tabla 11. Relación entre las actividades, competencias clave, criterios de evaluación, procedimientos de evaluación e instrumentos de evaluación. * Competencia clave desarrollada en la actividad en relación a los contenidos abordados pero no contempladas en el currículo acuerdo a la Orden ECD/489/2016. UD: unidad didáctica.

Actividad	Competencias Clave	Criterio de Evaluación	Procedimiento de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Categoría	% de la UD
A1	CMCT CSC*-CCL*	Crit.BG.2.6. Identificar los materiales terrestres según su abundancia y distribución en las grandes capas de la Tierra.	Análisis de producciones	Rúbrica	Intermedio	20%
A2	CMCT-CSC CCL*		Análisis de producciones	Rúbrica	Básico	15%
A3	CMCT-CSC CCL*	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.	Análisis de producciones	Rúbrica	Avanzado	7,5%
A4	CMCT-CSC CCL*		Análisis de producciones	Rúbrica	Avanzado	7,5%
A5	CMCT-CSC CD*-CCL*		Análisis de producciones	Rúbrica	Básico	20%
A6	CMCT-CSC CCL*		Análisis de producciones	Rúbrica	Intermedio	15%
A7	CMCT-CSC CCL*		Análisis de producciones	Rúbrica	Básico	15%

Si bien se diseñó y desarrolló la unidad didáctica completa, no fue posible evaluar las producciones del alumnado. Sin embargo, se propuso al docente responsable emplear una rúbrica como instrumento de evaluación (Tabla 12) para el análisis de las producciones del alumnado de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos en el currículo. En relación al contenido y el vocabulario evaluado, se tendrían en cuenta aquellos abordados en cada uno de los bloques de la unidad didáctica. La evaluación de las competencias clave se realizaría en

relación a la calificación obtenida en cada una de las actividades. Así, la calificación obtenida en cada actividad con su respectivo porcentaje de la nota de la unidad didáctica será la misma calificación que se obtendrá para las competencias clave de acuerdo a su representación en la unidad didáctica.

Tabla 12. Propuesta de rúbrica como instrumento de evaluación de las actividades realizadas.

Puntuación Criterio	Excelente (10pts.)	Buen trabajo (8pts.)	Satisfactorio (6pts.)	Regular (4pts.)	Debe mejorar (2pts.)
Puntualidad	Entregado en la fecha estipulada.	Entregado 1 sesión después de la fecha estipulada.	Entregado 2 sesiones después de la fecha estipulada.	Entregado 3 sesiones después de la fecha estipulada.	Entregado más de 3 sesiones después de la fecha estipulada.
Contenido	Demuestra un completo conocimiento del tema en cuestión.	Demuestra un buen conocimiento del tema en cuestión.	Demuestra un ligero conocimiento del tema en cuestión.	Demuestra poco conocimiento del tema en cuestión.	No parece entender el tema en cuestión.
Coherencia	Presenta las ideas con secuencia lógica y se comprende muy bien lo quiere expresar.	Presenta las ideas con secuencia lógica y se comprende bien lo quiere expresar.	La mayoría de las ideas tienen una secuencia lógica pero resulta difícil comprender lo quiere expresar.	Pocas ideas tienen una secuencia lógica y resulta muy difícil comprender lo quiere expresar.	Las ideas de los trabajos carecen de secuencia lógica y no se entiende lo quiere expresar.
Vocabulario	Usa un vocabulario científico preciso.	Utiliza un correcto vocabulario científico.	Utiliza un vocabulario científico adecuado.	Presenta un vocabulario científico limitado.	No presenta un vocabulario científico.
Ortografía	Sin errores ortográficos.	Hay hasta 3 errores ortográficos.	Hay de 3 a 8 errores ortográficos.	Hay de 8 a 10 errores ortográficos	Hay más de 10 errores ortográficos.
Limpieza	Presenta un trabajo cuidado y limpio.	Presenta un trabajo cuidado y con pocos borrones.	Presenta un trabajo poco cuidado y con varios borrones.	Presenta un trabajo poco cuidado muchos borrones.	Presenta un trabajo muy poco cuidado y sucio.

G. Desarrollo de las actividades

A continuación, se describen las distintas actividades desarrolladas durante la presente unidad didáctica:

Al - ¡A experimentar!: Modelización de la geosfera

- Temporalización: 25 minutos
- Tipo de actividad: Práctica experimental
- Tipo de trabajo: En grupos de trabajo
- Objetivos:
 - Favorecer la comprensión de la estructura en capas de la geosfera.
 - Identificar las diferentes capas que forman la geosfera.
 - Trabajar el vocabulario científico.
 - Favorecer la participación activa del alumnado.
 - Potenciar el trabajo en equipo.
 - Potenciar la motivación del alumnado hacia las ciencias.
- Desarrollo de la actividad:

Esta actividad consistió en la modelización de las diferentes capas que componen la geosfera (Figura 2). Para realizar la actividad, se dividió al alumnado en grupos de cuatro y tres personas. A cada grupo se le proporcionaron distintos materiales desconocidos,

contenidos tanto en vasos de precipitados como en sobres de papel, etiquetados como: *capa roja* (jabón líquido + colorante alimenticio rojo), *capa azul* (agua + colorante alimenticio azul), *capa amarilla* (aceite de girasol), *capa corchos* (corchos troceados en pequeños fragmentos) y *capa metálica* (clavos). El alumnado debía verter los distintos materiales en una probeta y observar qué es lo que sucedía. Dado que los materiales proporcionados tienen distintas densidades éstos se van disponiendo de mayor a menor densidad a medida que son vertidos en la probeta. Tras verter todos los materiales, el alumnado debía dibujar el resultado de su experimento y explicar con sus propias palabras lo que había sucedido para posteriormente relacionar el resultado de su experimento con la disposición real de las distintas capas de la geosfera (*capa metálica* = núcleo interno, *capa roja* = núcleo externo, *capa azul* = manto inferior, *capa amarilla* = manto superior y *capa corchos* = corteza).



Figura 2. Alumnado del grupo C de 1º de E.S.O. realizando la modelización de las distintas capas de la geosfera.

A2 - ¡Dejando volar mi creatividad!

- Temporalización: 25 minutos
- Tipo de actividad: Práctica creativa
- Tipo de trabajo: Individual
- Objetivos:
 - Favorecer la comprensión de la dureza como propiedad mineral.
 - Trabajar el vocabulario científico.
 - Potenciar la creatividad del alumnado.
 - Potenciar la motivación del alumnado.
- Desarrollo de la actividad:

En esta actividad cada alumno/a debía crear la portada del portafolio que recogería las producciones de las siete actividades planteadas para la unidad didáctica y que llevaría por nombre *Viaje al centro de la Tierra* en referencia a la novela del escritor Julio Verne. Además, el alumnado también debía construir su propia escala de Mohs, a partir del material que se les facilitó, y que posteriormente sería empleada en la A6. Al construir la escala, tenían que dibujar los objetos cotidianos que se pueden emplear para rayar los minerales en función de su dureza, pudiendo relacionarlos con los diez minerales que componen la escala de Mohs.

A3 - Geoda de Pulpi

- Temporalización: 25 minutos
- Tipo de actividad: Indagación
- Tipo de trabajo: Individual
- Objetivos:

- Favorecer la comprensión del hábito, el brillo y la dureza como propiedad mineral.
- Potenciar la reflexión para formar una opinión propia.
- Trabajar la indagación.
- Trabajar la argumentación.
- Trabajar el vocabulario científico.

- Desarrollo de la actividad:

En esta actividad el alumnado debía relacionar los conceptos de *Drusa*, *Geoda*, *Mineral*, *Cristal* y *Hábito mineral* con sus definiciones y ver un pequeño vídeo sobre la Geoda de Pulpi (<https://www.youtube.com/watch?v=xFimOX3lm20>). En relación al visionado del vídeo sobre la Geoda de Pulpi, el alumnado debía identificar qué propiedades minerales podían observarse en el vídeo (hábito, color y brillo) además de reflexionar y opinar sobre, por un lado, su vulnerabilidad, y por otro lado, entre su conservación o su uso turístico.

A4 - Minerales de sangre

- Temporalización: 25 minutos
- Tipo de actividad: Indagación
- Tipo de trabajo: Individual
- Objetivos:

- Favorecer la comprensión de la explotación y uso de minerales como recurso natural.
- Potenciar la reflexión para formar una opinión propia.
- Trabajar la indagación.
- Trabajar la argumentación.
- Trabajar el vocabulario científico.

- Desarrollo de la actividad:

En la esta cuarta actividad, el alumnado debía buscar qué es un *mineral de sangre* y reflexionar, es decir, sobre el uso del mineral de sangre COLTAN en las nuevas tecnologías. A través de la reflexión, el alumnado puede pensar y considerar detenidamente, pudiendo analizar las causas y las implicaciones comprendiendo así los resultados.

A5 - El Guante de Thanos

- Temporalización: 55 minutos
- Tipo de actividad: Práctica en Gamificación
- Tipo de trabajo: En grupos de trabajo
- Objetivos:
 - Favorecer la comprensión del hábito, brillo, color y dureza como propiedad mineral.
 - Identificar distintos ejemplares minerales y/o variedades minerales.
 - Trabajar la indagación.
 - Trabajar el vocabulario científico.
 - Favorecer la participación activa del alumnado.
 - Potenciar el trabajo en equipo.
 - Potenciar la motivación del alumnado hacia las ciencias.
- Desarrollo de la actividad:

En esta actividad de gamificación con recursos TIC se planteó un juego que consistía en que el alumnado ayudara a los personajes de ciencia ficción *Los Vengadores* a cambiar las gemas del infinito del guante del personaje *Thanos* por gemas de minerales reales, sin ningún poder y cuyo aspecto es similar a las gemas del infinito (Figura 3). Para ello, se dividió al alumnado en pequeños grupos de tres y cuatro personas y a cada grupo se le proporcionó un *Chromebook*. Cada grupo debía, en primer lugar, seleccionar uno de los minerales reales que podrían sustituir a una de las gemas del infinito. Posteriormente, cada grupo debía buscar información sobre el mineral seleccionado filtrando la información encontrada y enfocándola a los contenidos vistos en las sesiones anteriores, dejándolo anotado en una ficha. Además, la información encontrada debía ir acompañada de un dibujo del mineral. Finalmente, cada grupo expuso al resto de grupos la información encontrada.



Figura 3. Alumnado del grupo C de 1º de E.S.O realizando la actividad de gamificación con recursos TIC.

A6 - Dureza

- Temporalización: 15 minutos
- Tipo de actividad: Práctica experimental en Gamificación
- Tipo de trabajo: En grupos de trabajo
- Objetivos:
 - Favorecer la comprensión de la dureza como propiedad mineral.
 - Identificar distintos ejemplares minerales.
 - Trabajar el vocabulario científico.
 - Favorecer la participación activa del alumnado.
 - Potenciar la motivación del alumnado hacia las ciencias.
- Desarrollo de la actividad:

Durante el desarrollo de esta actividad el alumnado debía ordenar de menor a mayor dureza ejemplares minerales reales sin identificar en función de si eran o no rayados con los objetos que se les proporcionaba (Figura 4). Los minerales podían ser rayados con la propia uña, una moneda de cobre de cinco céntimos, un porta de vidrio o una lija, de menor a mayor dureza, respectivamente. Para la realización de la actividad el alumnado podía hacer uso de su propia escala de Mohs elaborada durante la A2. El alumnado debía dejar anotado el orden de los ejemplares minerales justificando el por qué de dicho orden. La actividad se llevó a cabo en grupos de tres y cuatro personas.



Figura 4. Alumnado del grupo C de 1º de E.S.O realizando la actividad de *Dureza*.

A7 - Cada oveja con su pareja

- Temporalización: 15 minutos
- Tipo de actividad: Práctica en Gamificación
- Tipo de trabajo: En grupos de trabajo
- Objetivos:
 - Favorecer la comprensión de los distintos usos que tienen los minerales.
 - Identificar distintos ejemplares minerales.
 - Trabajar el vocabulario científico.
 - Favorecer la participación activa del alumnado.
 - Potenciar la motivación del alumnado hacia las ciencias.

· Desarrollo de la actividad:

En esta actividad el alumnado debía emparejar distintos ejemplares minerales con sus usos cotidianos (Figura 5). Para ello, se emplearon una serie de tarjetas donde en cada una de ellas aparecía la imagen de un mineral o la imagen de un objeto. Además de las tarjetas también se incluyeron tanto objetos como minerales reales con el fin de dinamizar más la actividad y que el alumnado tuviera contacto con ejemplares minerales reales. El alumnado debía dejar anotado en una ficha el mineral con su uso correspondiente además de justificar en qué se había basado para emparejarlos de ese modo.



Figura 5. Alumnado del grupo C de 1º de E.S.O realizando la actividad de *Cada oveja con su pareja*.

Tanto la A6 como la A7 se desarrollaron al aire libre, dentro del proyecto de innovación *Feria de Minerales* desarrollado para la asignatura *Innovación e investigación educativa en Biología y Geología* en conjunto con la asignatura *Diseño de Actividades de Aprendizaje en Biología y Geología* del Máster, con el fin de sacar al alumnado de las aulas hacia un espacio abierto y potenciar así el carácter lúdico de la experiencia. Para ello, se hizo uso del aula al aire libre localizada en el patio del centro, creada como resultado de un proceso participativo del alumnado en la transformación de los espacios dentro del plan *BREAKING WALLS* del centro. Estas actividades se realizaron, por tanto, en un contexto de gamificación.

V. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE

En este apartado se analizarán las distintas producciones que el alumnado realizó en las distintas actividades descritas en el apartado anterior.

El proceso de evaluación de las producciones aparece recogido en el Apartado IV. ACTIVIDADES, Sección F: CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN E INSTRUMENTOS UTILIZADOS.

Al - ¡A experimentar!: Modelización de la geosfera

Las producciones del alumnado realizadas tras la modelización de la geosfera pueden observarse en la Figura 6. Se observó que dos grupos completaron el experimento de forma satisfactoria y que otros dos grupos habían obtenido resultados distintos a lo esperado (Figura

6a). De estos dos últimos grupos, uno obtuvo un resultado distinto al resto y lo plasmó correctamente en la representación de su experimento (Figura 6b). Plasmó la capa roja sobre la azul cuando la capa roja debía haber quedado bajo la azul (Figura 6c). El otro grupo quiso extraer uno de los componentes durante el proceso del experimento, mezclándose éstos distorsionando el resultado final. A diferencia del anterior grupo, éste no realizó la representación gráfica de su experimento sino que representó el resultado ideal del experimento. Al describir el proceso, se observó como todo el alumnado había comprendido la estructura en capas de la geosfera. Finalmente, destacar la diferencia a la hora de representar el modelo en capas de la geosfera, donde la mayoría del alumnado optaba por la representación en forma de triángulo invertido (Figura 6d) y unos pocos por la representación del corte transversal de la geosfera (Figura 6e).

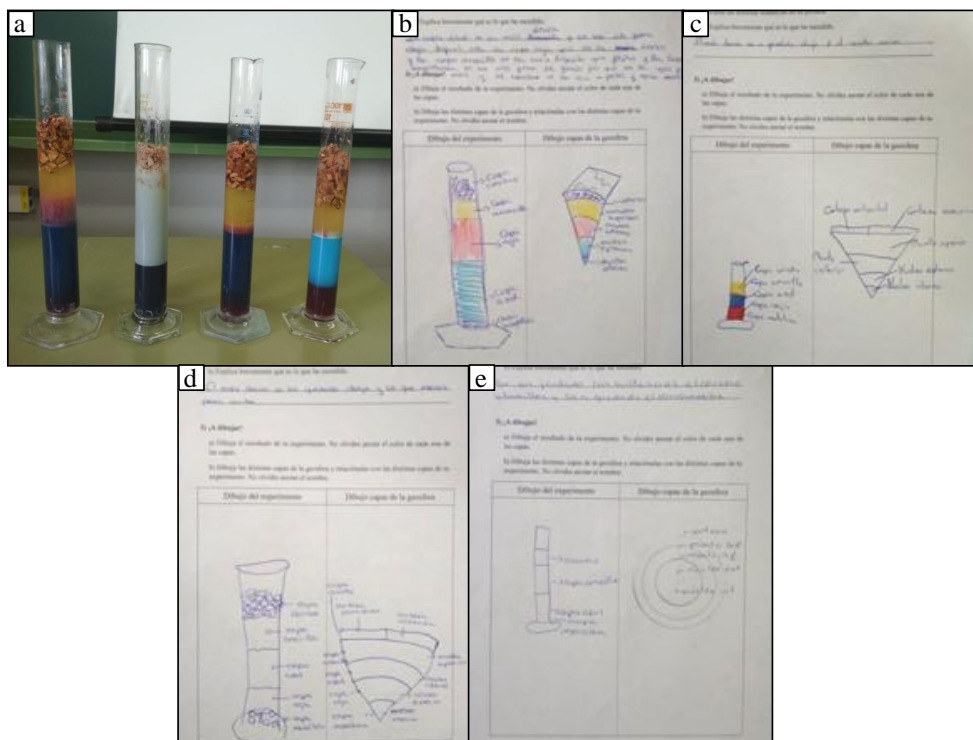


Figura 6. Producciones del alumnado realizadas tras la modelización de la geosfera.

A2 - ¡Dejando volar mi creatividad!

Las producciones de la A2, tanto las portadas creadas para el portafolio *Viaje al centro de la Tierra* (Figura 7) como la escala de Mohs (Figura 8), se ajustan a la tarea y reflejan la gran creatividad del alumnado.



Figura 7. Portadas creadas por el alumnado para el portafolio *Viaje al centro de la Tierra* de la unidad didáctica *La geosfera y sus minerales*.



Figura 8. Escalas de Mohs creadas por el alumnado durante la actividad *¡Dejando volar mi creatividad!*.

A3 - Geoda de Pulpi

La relación de conceptos de *Drusa*, *Geoda*, *Mineral*, *Cristal* y *Hábito mineral* con sus definiciones fue corregida observando que el alumnado no presentaba ninguna dificultad. Tras el visionado de vídeo sobre la Geoda de Pulpi, el alumnado identificó correctamente el hábito, el color y el brillo como propiedades minerales. En relación a las reflexiones y opiniones del alumnado sobre la vulnerabilidad y la conservación o uso turístico de la Geoda de Pulpi, se destacan las siguientes aportaciones: "*cerrarla porque sus cristales son de yeso y se rayan fácilmente*", "*que se pueda ver pero no tocar*", "*hacer una réplica exacta para que no se estropee la original*" o "*que sólo entren los científicos*". Al exponer las distintas reflexiones y opiniones se generó un breve debate que llevó a la siguiente reflexión final: "*concienciar para no prohibir para que todo el mundo pueda disfrutar de la geoda*".

A4 - Minerales de sangre

Tras buscar qué es un mineral de sangre se observó que el alumnado había entendido que se tratan de minerales extraídos en zonas de guerra o en conflicto y que cuya extracción y comercio contribuyen a la violación de derechos humanos. Así, el alumnado expuso sus reflexiones en relación al uso del COLTAN en las nuevas tecnologías, dando lugar a un pequeño debate. Entre las reflexiones aportadas que se encuentran: "*que esperen porque el mineral es difícil de encontrar*", "*que se compren el móvil cuando se estropee porque estos*

minerales se sacan de zonas de guerra", "los minerales de sangre pueden causar muchas muertes" o "que no se cambie el móvil por el último porque es un malgasto de minerales".

A5 - El Guante de Thanos

Las producciones del alumnado realizadas durante esta actividad aparecen recogidas en la Figura 9. Al analizar las producciones, se observa cómo los grupos filtraron la información que encontraron, enfocándola en relación a los contenidos vistos en las sesiones anteriores, a excepción de un grupo que copió alguna información que en la puesta en común oral reconoció no haber entendido. Sin embargo, se comprobó que el alumnado había comprendido el hábito, el brillo, el color y la dureza como propiedad mineral.

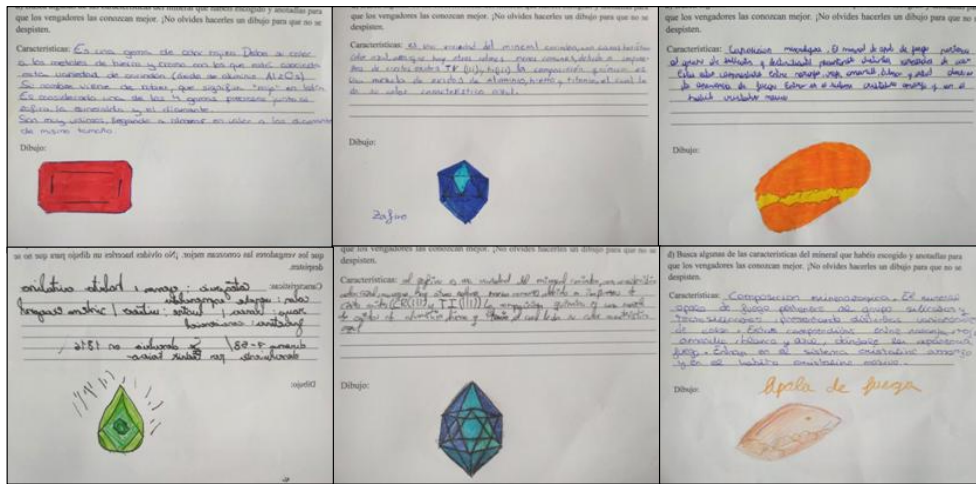


Figura 9. Producciones del alumnado realizadas en la actividad *El Guante de Thanos*.

A6 - Dureza

Al examinar las producciones se comprobó que el alumnado justificaba correctamente el orden de los ejemplares minerales, observando que habían comprendido correctamente la dureza como propiedad mineral.

A7 - Cada oveja con su pareja

En este caso se comprobó que el alumnado justificaba correctamente el por qué de la relación entre los minerales y sus usos cotidianos, observando que habían comprendido correctamente los distintos usos que pueden tener los minerales. Sin embargo, si bien justificaron correctamente en la ficha el mineral con su uso y en qué se había basado para emparejarlos de ese modo, durante el transcurso de la actividad se observó: (1) que confundían el yeso con la calcita para su uso como escayola y (2) no recordaban el uso de la galena para la fabricación de esmaltes pero sí como base para el kohl en el antiguo Egipto, al igual que no recordaban el uso del cinabrio en instrumentos de medición pero sí como pigmento rojo en la Antigüedad.

VI. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA

El diseño de la presente propuesta didáctica ha tratado de responder a la necesidad de potenciar la motivación del alumnado hacia las ciencias empleado metodologías de aprendizaje activas complementarias a las clases magistrales impartidas.

Tras llevar a cabo la presente unidad didáctica, se ha llegado al siguiente análisis crítico y propuesta de mejora:

Se ha comprobado como el alumnado respondía mucho mejor y con mayor motivación cuando se empleaban metodologías activas en el aula que cuando se impartían las clases magistrales, aspecto ampliamente descrito en la bibliografía expuesta en los apartados anteriores. Los buenos resultados obtenidos tras la realización de las actividades llevan a la conclusión de la necesidad de conseguir reemplazar, en la medida de lo posible, las clases magistrales en 1º de E.S.O.

La creación de actividades y soportes digitales dinámicos para trabajar los contenidos curriculares implica la creación de material adicional, requiriendo más tiempo que el empleado al seguir únicamente el libro de texto. Sin embargo, el tiempo empleado para la creación de material puede considerarse como una inversión para futuras puestas en marcha, tanto con otras aulas como en otros cursos o años académicos, pudiendo enriquecerlo tras las distintas experiencias.

A continuación, se indican los **aspectos de mejora** detectados en algunas de las actividades llevadas a cabo:

En la A1 se indicó que debían verterse los componentes facilitados en la probeta, sin establecer ningún orden, y observar qué es lo que sucedía. Sin embargo, no se indicó la única combinación que podría alterar el desarrollo del experimento, verter la capa de corchos (corchos) antes que la capa metálica (clavos). Al verter los corchos antes que los clavos, éstos taponan los corchos en el fondo de la probeta no pudiendo colocarse en su posición de menor densidad en la columna de materiales, tal y como le sucedió al cuarto grupo. Así, para el desarrollo de esta actividad habría que indicar que, independientemente del orden del resto de componentes, la capa de corcho nunca debe verterse antes que la capa metálica.

Las actividades 3 y 4 fueron actividades enviadas para realizar en casa y posteriormente corregirlas en la siguiente sesión. Tras la puesta en práctica, sería más enriquecedor desarrollar estas dos actividades en el aula con una dinámica que permitiera crear un espacio de debate más amplio y sólido en el que el alumnado pudiera, primero, debatir en pequeños grupos y, posteriormente, generar debate entre los diferentes grupos. No se plantea que cada grupo tenga posiciones enfrentadas sino que sean todas las reflexiones y opiniones surgidas las que se compartan. De esta forma se podría favorecer y potenciar una mayor participación del alumnado ya que, al corregir las actividades, no todo el alumnado quiso compartir las reflexiones y opiniones que habían dejado por escrito con el resto de compañeros/as.

Finalmente, en el caso de la A5, hubiera sido mejor formar grupos de un máximo de tres personas por cada ordenador facilitado para fomentar la participación del alumnado ya que en los grupos de cuatro personas no se favoreció la participación activa de todos los integrantes

del grupo. A este respecto, hay que tener en cuenta la disponibilidad de ordenadores o dispositivos electrónicos de los que dispone el centro. Así mismo, dado que uno de los grupos copió información que no entendía ya que ésta requería de amplios conocimientos sobre cristalografía, también resulta necesario transmitir de forma clara al alumnado que éste realice el ejercicio de filtrar la información a la que tiene acceso en Internet, seleccionando sólo aquella que comprendan bien.

VII. CONSIDERACIONES FINALES

La realización de este Máster me ha permitido reflexionar sobre la importancia de aprender a enseñar y del papel que desempeña el profesorado en el aula. En muchas ocasiones consideramos que los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria son suficientes para desempeñar la labor docente, sin ser realmente conscientes de la complejidad de la misma. Cursar este Máster ha hecho posible conocer el currículo o aprender a diseñar una propuesta didáctica, aspectos que hoy considero fundamentales para una buena labor docente.

Así mismo, este Máster también me ha permitido adquirir herramientas de cuya importancia antes no era consciente. Desarrollar los contenidos recogidos en el currículo es otro de los aspectos que *a priori* parecen sencillos; sin embargo, en la práctica, es una de las cuestiones más complejas. Como futura docente considero que no sólo es importante tener conocimientos sobre una materia sino también el saber cómo transmitirlos. Así, durante el desarrollo del Máster he podido aprender a diseñar dinámicas y actividades, entendiendo la importancia de adecuar y adaptar las mismas no sólo al nivel académico del alumnado y a las características del grupo-aula sino también teniendo en cuenta las necesidades individuales del alumnado.

Con todo ello, considero que el haber cursado este Máster ha sido de gran relevancia con miras a mi futura labor docente.

En relación a la experiencia vivida en durante el *Practicum I* y *Practicum II*, el haber podido asistir como oyente a distintas clases de distintas asignaturas tanto de la E.S.O como de Bachillerato, me ha permitido ver con mayor claridad la diferencia entre impartir clase en ambas etapas. Hasta las prácticas no había sido consciente del esfuerzo adicional que supone, respecto a impartir clase en Bachillerato, preparar las clases para 1º de E.S.O. Además de adecuar el vocabulario técnico y la forma de explicar los conceptos a un nivel menos complejo del de la formación personal del docente, impartir docencia en 1º de E.S.O requiere de planificar sesiones más dinámicas y con mayor cantidad de estímulos que hagan que el alumnado no pierda la atención. En este sentido, impartir clase en 1º de E.S.O. ha supuesto un reto personal ya que, por primera vez, he debido adaptar mi conocimiento a un nivel más básico para poder así explicar de forma más sencilla conceptos que, en muchas ocasiones, me resultaban obvios. Este proceso ha sido muy enriquecedor ya que me ha permitido ver, de forma vivencial, cómo se modifica mi mente, además de permitirme aprender a adaptarme a las necesidades cognitivas del alumnado.

Por otro lado, estas prácticas me han permitido tomar contacto con adolescentes y entender algunas de sus dinámicas tanto fuera como dentro de aula. Este aspecto era fundamental para mí al inicio de las prácticas ya que, al carecer de contacto con adolescentes en mi entorno más cercano, me preocupaba no poder comprender sus necesidades en el aula en esta etapa vital de

sus vidas. A este respecto, conocer aspectos personales de algunos/as alumnos/as me ha ayudado a entender ciertos comportamientos dentro del aula que de otra forma hubieran sido interpretados como desinterés por la asignatura.

Finalmente, reflexionar sobre la importancia de la escuela como institución social. La escuela, en este caso el instituto, no sólo prepara al alumnado para su futuro profesional con conocimientos y hábitos específicos sino que también tiene un papel fundamental en la construcción social del individuo, dotándole de recursos para su construcción integral como persona. En este sentido, poner en valor de forma recíproca la importancia de la vida social del instituto, de toda la comunidad educativa, en el desarrollo personal y emocional de los docentes.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30(3), 155-166.
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 63-75.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 1-9.
- Area, M., Cepeda, O. y Feliciano, L. (2018). Perspectivas de los alumnos de Educación Primaria y Secundaria sobre el uso escolar de las TIC. *Revista Educatio Siglo XXI*, 36(2), 229-253.
- Baena Nogueras, R. M., y Gutiérrez Pérez, J. (2012). Estudio de réplica sobre evolución de las ideas previas de los estudiantes: El relieve y su geodinámica. *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 2(2).
- Calixto Flores, R., y García Ruiz, M. (2011). Concepciones alternativas de los profesores de biología. Una aproximación desde la investigación educativa. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 1, 13-23.
- Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N. y Zuwallack, R. (2015). A review of modeling pedagogies: Pedagogical functions, discursive acts, and technology in modeling instruction. *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, 11(1), 159-176.
- Cañal, P., García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Colección: Didáctica y Desarrollo. Ediciones Paraninfo, SA.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.
- Carrillo Rosúa, J., Vílchez González, J. y González García, F. (2010). Ideas previas en el alumnado de magisterio de educación primaria sobre el interior de la tierra. *Comunicación presentada en el II Congreso Internacional de Didáctiques*, Girona.
- Cortés Gracia, Á. L. y Peña, M. B. M. (2017). Del mundo en que vivimos a la dinámica de la Tierra: el particular recorrido de las Ciencias de la Tierra por la Educación Primaria y Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(3), 285-285.
- Duran, H. y Puigserver, M. (2017). Análisis de conceptos de los estudiantes de Magisterio acerca de los minerales y algunas estrategias para mejorar su comprensión. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(3), 341-352.

- Ejarque Ortiz, A.; Bravo Torija, B. y Mazas Gil, B. (2016). Diseño e implementación de una actividad de modelización de geología: ¿Realmente la corteza es tan gruesa y los volcanes tan profundos?. *Revista Internacional de Investigación e Innovación en Didáctica de las Humanidades y las Ciencias*, 3, 9-32.
- García-Peñalvo, F. J., Blanco, Á. F. y Sein-Echaluce, M. L. (2015). Educational innovation management: a case study at the university of Salamanca. En: *Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 151-158).
- Gil Quílez, M.J. y Martínez Peña (2005). El modelo Sol-Tierra-Luna en el lenguaje iconográfico de estudiantes de magisterio. *Investigación didáctica. Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 153-166.
- Gilbert, J., Boulter, C. y Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds). *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.
- González, C. L. I. (2020). Propuesta de intervención con la creatividad y motivación como factor asociado al rendimiento académico en la asignatura de matemáticas en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista de educación, innovación y formación: REIF*, 3, 127-141.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Jiménez-Millán, J., Alfaro, P., Muñoz, M.C., Cañaveras, J.C., Alfaro, N.C., González-Herrero, M., López-Martín, J.A. y Andreu, J.M. (2008). Actividades didácticas con minerales y rocas industriales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(3), 295-308.
- Justi, R. (2011). Las concepciones de modelo de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. En: A. Caamaño (coord.), *Didáctica de la Física y la Química*, 5, (vol. II, pp. 85-103). Barcelona: Graó.
- Keles, O. y Battal, T. (2017). A model for innovation culture management in organizations (IVALUE 7). *International Journal of Innovation*, 5(3), 361-374.
- Kuhn, D. y Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113-129.
- Laita, E., Mateo, E., Mazas, B., Bravo, B. y Lucha, P. (2018). ¿Cómo se abordan los minerales en la enseñanza obligatoria? Análisis del modelo de mineral implícito en el currículo y en los libros de texto en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3), 256-256.
- Llorens Largo, F., Gallego-Durán, F. J., Villagrà-Arnedo, C. J., Compañ, P., Satorre Cuerda, R. y Molina-Carmona, R. (2016). Gamificación del proceso de aprendizaje: lecciones aprendidas. *VAEP-RITA*, 4(1), 25-32.
- Mateo, E., Mazas, B., Bravo, B., Lucha, P., Martínez Peña, B. y Cortés, A.L. (2017) ¿Cómo se abordan los minerales en la enseñanza obligatoria? Reflexiones a partir de un análisis de libros de texto. *X Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Sevilla.
- Mazas, B., Bravo, B., Mateo, E., Lucha, P., Cortés, Á. y Martínez-Peña, B. (2018). Llevamos los minerales al aula: actividades para trabajar la modelización. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3), 340.
- 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.
- Oliva Martínez, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) (2018). *Science performance (PISA)*. Recuperado el 24 de mayo 2021, de <https://data.oecd.org/pisa/science-performance-pisa.htm>
- Pedrinaci Rodríguez, E., Gil, C., Pascual Trillo, J.A. y Hidalgo Moreno, A.J. (2015). *Biología y Geología 1º de ESO. Serie Arce*. Grupo SM Educación.
- Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro García, P., Almodóvar, G. R., Barrera, J. L., Belmonte, Brusi, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J.C., Fernández Martínez, E., González-Díez, A., Jiménez-Millán, J., López Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M., Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, I., Rebollo, L., Rodrigo, A. y Roquero, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 117-129.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.
- Pérez Galván, L. M. y Ochoa Cervantes, A. D. L. C. (2017). El aprendizaje-servicio (APS) como estrategia para educar en ciudadanía. *Alteridad. Revista de Educación*, 12(2), 175-187.
- Ramos, R., Praia, J. F., Marques, L., y Pereira, L. G. (2001). Ideas alternativas sobre el ciclo litológico en alumnos portugueses de enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(3), 252-260.
- Robles, A., Solbes Matarredona, J., Cantó Doménech, J., & Lozano Lucia, Ó. R. (2015). Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2015, 3(14) 361-376.
- Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walberg-Henriksson, H. y V. Hemmo (2007). *Science education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*. European Communities: Belgium.
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 5(3), 274-292.