



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Máster

Crónicas de Gea: La evolución de la Vida y de la  
Tierra en 1º de Bachillerato

Chronicles of Gaia: Evolution of Life and Earth in  
1st year of Baccalaureate

Autor

Manuel Pérez Pueyo

Director

Ángel Luis Cortés Gracia

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

Especialidad en Biología y Geología

FACULTAD DE EDUCACIÓN  
Año 2025

## **Contenido**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	2
	<i>Presentación del trabajo</i>	2
	<i>Presentación personal</i>	2
	<i>Contexto del centro</i>	4
<b>II.</b>	<b>ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM</b>	5
	<i>Línea del tiempo geológico</i>	5
	<i>Interpretación de cortes geológicos</i>	6
<b>III.</b>	<b>PROPUESTA DIDÁCTICA</b>	7
	<i>Crónicas de Gea: La evolución de la Vida y de la Tierra</i>	7
	<i>Objetivos de la propuesta</i>	9
	<i>Evaluación inicial y modificaciones de la propuesta</i>	10
	<i>Fundamentación teórica de la propuesta</i>	11
<b>IV.</b>	<b>ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA</b>	13
	<i>Actividad 1 (A1): Un fósil de Aragón</i>	15
	<i>Actividad 2 (A2): Problemas de datación</i>	17
	<i>Actividad 3 (A3): Cortes geológicos</i>	21
	<i>Actividad 4 (A4): El rollo del tiempo geológico</i>	23
	<i>Actividad 5(A5): Caso práctico por equipos</i>	26
<b>V.</b>	<b>EVALUACIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>	29
<b>VI.</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA</b>	35
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	37
<b>VIII.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	38
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	38
<b>X.</b>	<b>ANEXOS</b>	40

## I. INTRODUCCIÓN

### *Presentación del trabajo*

Este trabajo fin de máster tiene como objetivo demostrar que el estudiante ha adquirido las capacidades y competencias docentes tras cursar el Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y que las ha sabido aplicar durante la realización del prácticum, atestiguando así que está capacitado para trabajar como docente en un centro educativo.

En este trabajo se presenta una propuesta didáctica diseñada para la Asignatura de Biología, Geología y Ciencias Ambientales de 1º de Bachillerato. Dicha propuesta plantea la realización de una Unidad Didáctica (UD) sobre la temática de la historia de la Vida y de la Tierra, dentro del ámbito de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, centrándose en la explicación de principios básicos de la geología, métodos de datación y la interpretación de cortes geológicos para entender y ordenar el registro histórico de las rocas sedimentarias, y posteriormente, un viaje a través de los diferentes períodos de la historia del planeta Tierra, recalando aquellos que han sido más importantes en lo referente al origen y evolución de los seres vivos en el planeta.

La unidad didáctica se impartió a dos clases de 1º de Bachillerato del IES Ramón y Cajal de Huesca, durante la realización del Prácticum II, entre el 22 de marzo y el 10 de mayo del año 2023. La impartición de la UD fue consensuada con la tutora del centro del prácticum, ya que consideraba importante que yo pudiese enseñar sobre una temática que se ajustará más a mi perfil como geólogo, y que por ello me motivase más enseñarla.

### *Presentación personal*

Me llamo Manuel Pérez Pueyo y soy geólogo por la Universidad de Zaragoza, habiéndome gustado las Ciencias Naturales desde pequeño, especialmente en su componente de disfrutarlas en el campo, y en particular los fósiles y la paleontología. Habiendo vivido toda mi vida en Aragón, desde niño me he ido empapando de este gusto por el estudio de la naturaleza, con numerosas excursiones a los Pirineos y a la Cordillera Ibérica, y por el entorno de mi pueblo, Alcubierre, situado en la comarca de los Monegros. Por otro lado, desde niño he ido a campamentos en verano, pudiendo posteriormente participar como monitor y como director, habiendo conocido el ámbito de la educación no reglada desde muy pronto. Participar como monitor en campamentos ha sido una

experiencia que me ha llenado siempre mucho, y trabajar con niños y adolescentes me gustaba, si bien es cierto que por un período de tiempo corto.

Tras terminar el grado, cursé el Máster en Investigación en Geología en la Universidad de Zaragoza, a raíz del cual me inicié en el mundo de la investigación, posteriormente tuve la suerte de poder realizar la tesis doctoral en la Universidad de Zaragoza entre los años 2017 y 2023, especializándome en paleontología de vertebrados y sedimentología, estudiando a los últimos vertebrados, incluidos dinosaurios que vivieron en lo que hoy es Aragón antes de la extinción del límite Cretácico/Paleógeno y cuyos restos fósiles se pueden localizar en el Pirineo oscense, en la comarca de la Ribagorza. He podido trabajar también durante unos años en el Laboratorio Paleontológico de Loarre, un centro de visitantes en el que se puede observar el proceso de preparación y estudio de los huevos fósiles de dinosaurios hallados cerca de este municipio oscense, y que me permitió aprender un enfoque más divulgativo de la investigación, en especial con las visitas de centros escolares.

Habiendo conocido dos de las caras de las Ciencias Naturales, la investigación y la divulgación, y habiendo podido impartir docencia en clases prácticas del grado de Geología de la universidad durante la realización del doctorado, consideré que sería interesante realizar el máster de profesorado, para abrirme vías laborales, pero también para formarme en cómo mejorar y trabajar la transmisión de conocimiento, y como adaptarse al nivel que demandan los adolescentes y jóvenes, porque es cierto que a los investigadores nos cuesta transmitir nuestros conocimientos de una manera sencilla y más llana.

Actualmente, dedicarme a la enseñanza en secundaria y bachillerato no es mi principal prioridad. No obstante, creo que es una labor importante de cara a la sociedad, el formar en conocimientos y en valores a la siguiente generación de ciudadanos, que exige mucha dedicación y responsabilidad, pero que también reporta grandes recompensas y llegado el caso, me veo capaz de dedicarme y adaptarme a ella, pudiendo encontrar mucha satisfacción personal trabajando como profesor. Por otro lado, cursar el máster de profesorado me ha permitido conocer herramientas y adquirir destrezas que pueden tener una aplicación transversal más allá de la educación en secundaria, y que se pueden aplicar en ámbitos como la divulgación científica y la educación no formal.

## ***Contexto del centro***

El Instituto de Educación Secundaria (IES) Ramón y Cajal de Huesca es un centro educativo de carácter público situado en la ciudad de Huesca, en la Avda. de la Paz, nº 9. Dado que el prácticum se realizó durante el curso 2022/2023, se proporcionan los datos relativos a dicho curso. Así pues, durante el curso 2022/2023, el centro contaba con 112 profesores, 56 de ellos con plaza fija, además de 20 personas que trabajan como personal de Administración y Servicios. Las instalaciones del centro cuentan con dos edificios con numerosas aulas, aulas de informática, salón de actos, biblioteca, estudios de grabación, 2 salas de profesores, una sala de juntas, y despachos de administración. El centro cuenta también con un pequeño museo de Ciencias Naturales, fruto de la puesta en valor del fondo histórico del instituto. Además, el instituto cuenta con dos recreos y un pabellón polideportivo donde se realizan las clases de educación física. Por falta de espacios, construyeron en 2023 dos nuevas aulas en un anexo del polideportivo.

Durante el 2023, el IES Ramón y Cajal contaba con 926 alumnos, cursando la ESO más de la mitad de ellos (62,1%), mientras que los alumnos de Bachillerato, FP básica y Ciclos de Grado Medio y Superior representaban el 28,7%, 2,7% y 5,3% respectivamente del total del alumnado (fuente PGA del centro). El perfil del alumnado es variado, si bien de manera general provienen de familias de clase media-alta con estudios superiores de los barrios aledaños (Santiago, San José, María Auxiliadora). El porcentaje de alumnos de origen extranjero es bajo (9,3%), fundamentalmente de procedencia hispanoamericana, rumana y marroquí, aunque en los últimos años han llegado estudiantes de Ucrania debido a la guerra que está ocurriendo en dicho país.

La aplicación de la propuesta didáctica se realizó con dos grupos distintos de 1º de Bachillerato: AF y BC; ambos pertenecientes a la modalidad de Ciencias y Tecnología. El grupo AF estaba conformado por 24 alumnos (15 chicas y 9 chicos), mientras que el BC estaba conformado por 18 alumnos (14 chicas y 4 chicos). En ninguno de los dos grupos había alumnos que presentarán necesidades específicas de apoyo educativo o adaptaciones curriculares. En ambos grupos, la asignatura de Biología, Geología y Ciencias Ambientales era impartida por la tutora del prácticum, Ana Teruel Doñate, profesora del centro y jefa del departamento de Biología y Geología, que lleva trabajando más de 10 años en el centro, lo que permitió contar siempre con información de primera mano y apoyo en los momentos necesarios

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

### *Línea del tiempo geológico*

Esta actividad no se desarrolló durante las clases del máster, sino que es una adaptación de la propuesta planteada por Fernández-Martínez et al., (2016). La actividad propone representar en una tira de papel y a escala, los principales hitos y eventos de la historia de la Tierra desde su origen hasta la actualidad, incluyendo los diferentes períodos y divisiones del tiempo geológico (ver A4, para una explicación más detallada).

La elegí para llevarla a cabo en el prácticum porque creo que es una estrategia muy efectiva para que los estudiantes comprendan la magnitud del tiempo geológico y la distribución de los principales eventos en la historia de la Tierra, de una manera muy visual, ya que de otro modo es complicado asimilar un concepto abstracto como es el tiempo geológico. Además, es una actividad en la que son los propios alumnos los que construyen su aprendizaje, interviniendo solo el profesor para dar directrices generales o ayudar momentáneamente, pero siempre desde un rol de apoyo.

Adicionalmente, es una actividad que promueve el aprendizaje cooperativo, siendo uno de sus puntos fuertes. Cada grupo tiene que elaborar su escala, y para ello tienen que distribuirse las tareas, como quién escribe, quien hace las proporciones entre los millones de años y la distancia real en el rollo de papel, quién apunta las divisiones entre períodos geológicos, etc... De esta manera se promueve también una competencia social, haciendo que desarrollen habilidades de trabajo en equipo y comunicación, y al mismo tiempo también trabajan su capacidad de organizarse autónomamente sin que el profesor les tenga que indicárselo.

Esta actividad a su vez permite cierta flexibilidad para añadir más contenido o recursos, como, por ejemplo, hacer una escala de mayor detalle para el Fanerozoico, ya que ocupa solo el 10% del tiempo geológico total, o proporcionarles imágenes de distintos tipos de fósiles para que los sitúen en su escala temporal, y trabajar de esta manera conceptos como el rango bioestratigráfico, los fósiles guía o las extinciones. Si bien es cierto que no es una actividad que se puede evaluar de manera reglada como se haría en un examen, sí que permite al profesor realizar una evaluación formativa a través de la observación directa de las actitudes y compromiso de cada miembro del grupo, o como justifican algunas decisiones de cara al diseño de la escala temporal.

### ***Interpretación de cortes geológicos***

Esta actividad se desarrolló en el máster, en la asignatura de Diseño de Actividades de Biología y Geología, que consistió en la interpretación de varios modelos de cortes geológicos. El estudio de los cortes geológicos es una actividad esencial en la enseñanza de la Geología, ya que es una de las principales herramientas para poder entender e interpretar la historia de la Tierra. En esta actividad, los alumnos aprenden a analizar la disposición de los estratos, identificar diferentes estructuras geológicas como fallas y pliegues, y aplicar principios básicos de la geología como la superposición y la horizontalidad original para poder reconstruir la historia geológica del corte, ordenando cronológicamente las diferentes unidades.

A nivel didáctico, creo que es una actividad que conlleva un enfoque constructivista, ya que los estudiantes tienen que participar activamente en la construcción de su conocimiento, ya que van obteniendo información del corte conforme lo van interpretando. Para ello, tiene que aplicar un razonamiento lógico, teniendo en cuenta tanto sus conocimientos previos, como los datos que aporta el corte, para poder reconstruir así la historia geológica del mismo.

Es una actividad que también presenta mucha flexibilidad en su aplicación, pudiendo introducir diferentes variantes para trabajarla. Por un lado, se puede jugar con el formato de presentación de los cortes, ya sea a partir de esquemas, con columnas estratigráficas, con fotos reales de afloramientos u observación directa en una salida de campo. Por otro lado, se puede adaptar el corte a algún conocimiento específico que se quiera trabajar, introduciendo datos sobre fósiles guía, dataciones isotópicas, rocas volcánicas, series invertidas, discordancias, unidades geológicas con potencial económico, riesgos geológicos, etc... Esta combinación de distintos enfoques permite trabajar otros conceptos teóricos de manera transversal, mejora la retención del conocimiento y evalúa la capacidad de los estudiantes de enfrentarse a problemas geológicos.

También permiten ser trabajados con distintas metodologías, ya sea a nivel individual, por grupos fomentando el aprendizaje cooperativo, con metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas o la clase puzzle, etc. Por todo esto, creo que los cortes geológicos son una herramienta didáctica esencial para enseñar geología, dado que su combinación entre teoría y práctica permite interiorizar muchos de los conceptos base de la geología, para poder luego trabajar problemas geológicos más complejos.

Además de mejorar la comprensión de procesos geológicos, fomentan también las habilidades analíticas y la capacidad de resolución de problemas como en la formación científica de los estudiantes.

### III. PROPUESTA DIDÁCTICA

#### *Crónicas de Gea: La evolución de la Vida y de la Tierra*

La siguiente propuesta didáctica se desarrolla en unidad didáctica (UD) que se enfoca en el aprendizaje sobre conocimientos de la historia de la Vida y de la Tierra para alumnos de 1º de Bachillerato. Esta propuesta didáctica se implementó durante la realización del Prácticum II con alumnos de dos clases del IES Ramón y Cajal de Huesca. Los contenidos de la UD proceden del bloque de saberes básicos C: Historia de la Tierra y de la vida recogido en el currículo de 1º de Bachillerato. El bloque de saberes está establecido por la legislación estatal (LOMLOE) y su concreción está recogida en la Orden ECD/886/2024, del 25 de julio, de ámbito autonómico. Los contenidos, competencias y criterios de evaluación contenidos en el currículo académico de Bachillerato que han sido utilizados en la UD aparecen recogidos en la **Tabla 1**.

Es importante que las nuevas generaciones comprendan el camino que ha recorrido la vida en la Tierra hasta ahora, y como los ecosistemas están a veces en un equilibrio muy frágil, habiendo ocurrido extinciones masivas, y que hoy en día los seres humanos estamos causando otra por nuestra influencia en la naturaleza. Para alcanzar este objetivo, la UD se estructura a través de 5 actividades principales, en las que se comienza explicando conceptos básicos en las actividades iniciales, para posteriormente interrelacionarlos en las finales, y aplicarlos de manera conjunta en casos semirreales (problemas o casos tipo que se asemejen a los que podría enfrentarse un profesional o investigador en el mundo real, si bien adaptados al nivel que refleja el currículo académico).

<b>Bloque de saberes C: Historia de la Tierra y de la vida</b>			
<b>Conocimientos, destrezas y actitudes</b>			
<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Competencias clave</b>	<b>Concreción de los criterios de evaluación</b>	<b>Actividades</b>
<b>CE.BGCA.1.1.</b> Analizar críticamente conceptos y procesos relacionados con los saberes de la materia, interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas).	CCL2, STEM4	<b>CE.BGCA.1.1.1.</b> Diferencia los distintos tipos de fósiles que existen y comprende su proceso de fosilización.	A1, A5
		<b>CE.BGCA.1.1.2.</b> Es capaz de interpretar un corte geológico, ordenando cronológicamente los distintos materiales geológicos.	A3, A5
<b>CE.BGCA.1.2.</b> Comunicar informaciones u opiniones razonadas relacionadas con los saberes de la materia o con trabajos científicos, transmitiéndolas de forma clara y rigurosa, utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas y símbolos, entre otros) y herramientas digitales.	CCL2, CP1, STEM4	<b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos	A1, A3, A4, A5
<b>CE.BGCA.2.1.</b> Plantear y resolver cuestiones relacionadas con los saberes de la materia, localizando y citando fuentes adecuadas y seleccionando, organizando y analizando críticamente la información	CCL3, CP1, STEM4, CD1, CD2, CPSAA4	<b>CE.B.2.1.1.</b> Es capaz de buscar fuentes fiables a través de internet para obtener información sobre el patrimonio paleontológico de Aragón, sabiendo manejarse adecuadamente con los motores de búsqueda.	A1
<b>CE.BGCA.4.1.</b> Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos, geológicos o ambientales, utilizando recursos variados como conocimientos propios, datos e información recabados, razonamiento lógico, pensamiento computacional o herramientas digitales.	CCL3, STEM1, STEM2, CPSAA5	<b>CE.BGCA.4.1.1.</b> Muestra la capacidad de integrar distintos datos geológicos y paleontológicos para resolver problemas relacionados con distintos tipos de cortes geológicos	A3, A5
<b>CE.BGCA.4.2.</b> Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos biológicos, geológicos o ambientales y modificar los procedimientos utilizados o las conclusiones obtenidas si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados o recabados con posterioridad.	CCL3, STEM1, STEM2, CC3	<b>CE.BGCA.4.2.1.</b> Propone con compañeros de grupo actuaciones consensuadas para problemas relacionados con la actividad humana y el contexto geológico, basada en los datos que dispone y sus interpretaciones.	A5

<p><b>CE.BGCA.6.1.</b> Relacionar los grandes eventos de la historia terrestre con determinados elementos del registro geológico y con los sucesos que ocurren en la actualidad, utilizando los principios geológicos básicos y el razonamiento lógico.</p>	<p>CCL3, STEM2, STEM5, CD1, CC4, CCEC1</p>	<p><b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón</p>	<p>A1, A2, A3, A5</p>
<p><b>CE.BGCA.6.2.</b> Resolver problemas de datación, analizando elementos del registro geológico y fósil y aplicando métodos de datación.</p>	<p>CCL3, STEM2</p>	<p><b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.</p>	<p>A4, A5</p>
		<p><b>CE.BGCA.6.2.1.</b> Resuelve sin dificultad problemas de datación radiométrica o de bioestratigrafía</p>	<p>A2, A5</p>

Tabla 1. Contenidos curriculares, competencias y criterios de evaluación de la unidad didáctica.

### Objetivos de la propuesta

El **principal objetivo** de la propuesta didáctica es enseñar a los alumnos los principales eventos que han ocurrido en la historia del planeta y la vida que se ha desarrollado en él, teniendo en consideración la magnitud del tiempo geológico, para hacerles conscientes de que los ecosistemas actuales son consecuencia de complejos procesos geológicos, biológicos y climáticos que se han desarrollado a lo largo de millones de años. Para alcanzarlo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Comprender los principales principios de la geología, incluyendo al actualismo, y la dimensión del tiempo geológico, para entender cómo se ordenar temporalmente los distintos materiales rocosos aflorantes en la corteza terrestre.
- Familiarizarse con los distintos métodos de datación absoluta y relativa de las rocas sedimentarias.
- Aprender a interpretar cortes geológicos y entender los distintos procesos que han participado en la disposición actual de las rocas, sabiendo ordenarlos cronológicamente. Reconocer estructuras y disconformidades.
- Entender la escala del tiempo geológico y su división en eras, períodos y épocas, identificando los eventos clave que marcaron el origen y evolución de la vida en la Tierra, como la formación de continentes y océanos, cambios climáticos, orogenias y extinciones masivas.
- Asimilar el concepto de fósil como cualquier evidencia dejada por un ser vivo y que ha quedado registrada en las rocas sedimentarias. Ser capaz de clasificar los distintos tipos de fósiles según sus características.

- Integrar datos de distinta procedencia (fósiles, dataciones radiométricas, cortes geológicos, etc.), para resolver un problema geológico que conlleva la toma de decisiones con repercusión económica, similar a lo que tendría que realizar un geólogo en la vida real.

### ***Evaluación inicial y modificaciones de la propuesta***

Antes de comenzar con la implementación de la UD, se vio necesario la realización de una evaluación inicial a los alumnos de ambas clases. La evaluación inicial es un instrumento muy útil en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que permite a los docentes identificar los conocimientos previos y habilidades de los estudiantes en relación con los contenidos que se pretenden abordar en una propuesta didáctica, así como conocer las ideas preconcebidas que tienen sobre dichos conceptos. Por un lado, la evaluación sirve para que los alumnos refresquen mentalmente algunos de los conceptos que aprendieron en el pasado, buscando su activación mental y su participación (McConnell et al., 2003). Por el otro lado, la evaluación inicial le sirve al docente para recopilar información útil que le puede servir para ajustar y recalibrar su planificación didáctica, y observar el grado de interés que despiertan los contenidos de la propuesta didáctica en los alumnos, dándole todo ello espacio al profesor para adaptarse a las características de su grupo de alumnos. De este modo, la evaluación inicial no solo cumple una función diagnóstica, sino que también sienta las bases para un aprendizaje significativo, centrado en las necesidades reales del alumnado.

En el caso concreto de esta UD, la evaluación inicial se realizó de manera informal, sin plantear un formulario reglado o un cuestionario online. En primer lugar, y una vez decidido que se iba a impartir la unidad didáctica de Historia de la Vida y de la Tierra, se comentó con la tutora del prácticum el nivel y los conocimientos que presentaban los alumnos de ambas clases, y, por otro lado, que dificultades había tenido ella el curso pasado con la impartición de los mismos contenidos con los alumnos que cursaron 1º de Bachillerato. La tutora resaltó que pese a que en 4º de la ESO también estudian geología, algunos conceptos básicos como es el caso de discordancia y sus tipos les cuesta asimilarlo, y que algunos cortes geológicos más complejos les cuesta resolverlos, llevando a veces a la frustración.

Tras estas consultas previas, se decidió que durante la primera sesión que se tuviera con cada grupo, durante los primeros 5-10 min de la clase, se lanzarían al aire preguntas básicas sobre conceptos relativos a la UD, para evaluar las respuestas de los

alumnos, sus reacciones y su predisposición en responder. Se preguntó sobre los tipos de pliegues, el concepto de discordancia, las técnicas de datación que existen, los tipos de fósiles, el número de extinciones que han ocurrido en la Tierra, etc. En líneas generales, la participación no fue muy grande, animándose a responder pocos alumnos, casi siempre de manera correcta, denotando que eran conceptos que tenían asimilados. Conforme se iban haciendo más preguntas, se iban animando más alumnos, y en ocasiones se respondía a coro, o con una respuesta conjunta. Supongo que debido a que se comenzó a crear una atmósfera más cómoda. Tras las averiguaciones realizadas durante la ronda de preguntas, y teniendo en cuenta lo hablado con la tutora, se decidió darle algo más de peso al trabajo de cortes geológicos, dedicando dos sesiones enteramente a ellos, y realizando refuerzo en algunas partes de otras secciones.

### ***Fundamentación teórica de la propuesta***

La temática de la propuesta didáctica Crónicas de Gea: La evolución de la Vida y de la Tierra se engloba dentro de los contenidos del currículo del Bloque de saberes C: Historia de la Vida y de la Tierra de 1º de Bachillerato. Este tema es muy amplio, y permite mucha profundización, además de poder abordar conceptos claves y básicos de las ciencias naturales, integrando biología y geología.

La enseñanza de la historia de la vida y de la Tierra se sustenta en diversos paradigmas científicos que han evolucionado a lo largo del tiempo. Uno de los pilares fundamentales es el uniformismo, propuesto por Hutton, y consolidado posteriormente por Charles Lyell (Sequeiros et al., 1997; Rivero Taravillo, 2016) y que establece que los procesos geológicos actuales sucedieron de la misma manera en el pasado, lo que estudiando el presente se puede interpretar el pasado a partir de las estructuras geológicas y el registro sedimentario.

La teoría de la evolución desarrollada por Charles Darwin y Alfred Russel Wallace de manera paralela es otro de los pilares de las ciencias naturales (Bermúdez, 2015; Trillo, 2019). Permite explicar la diversidad de la vida a través de la selección natural, y gracias a la síntesis más moderna de la biología evolutiva, a través de la herencia genética y las mutaciones. Es la teoría que permite conectar la historia biológica de los distintos seres vivos del planeta con los cambios ambientales, extinciones y explosiones de diversidad que se observan en el registro fósil.

Además, dentro del estudio de la historia de la Vida y de la Tierra, hay algunos conceptos que son fundamentales interiorizar para entender el registro sedimentario, como son el principio de superposición de los estratos, el de la horizontalidad original, el de continuidad lateral, etc. No obstante, puede que el que sea más importante que comprendan los alumnos es el del tiempo geológico, el cual tiene una magnitud que va mucho más allá de la escala humana, y permite comprender los grandes cambios que se han dado en nuestro planeta a lo largo de millones de años (Dodick & Orion, 2003). Para entender cómo se llegan a reconocer esos períodos de tiempo tan extensos, hace falta conocer los distintos métodos de datación cronológica, tanto relativos como absolutos.

El estudio de la historia de la Vida y de la Tierra ofrece la oportunidad para reflexionar sobre la sostenibilidad, ya que comprender los procesos naturales que ha experimentado la biosfera, permite a los estudiantes valorar la biodiversidad y la riqueza ecológica, fomentando que desarrollen una actitud responsable hacia el medio ambiente y que formen una conciencia ecológica. Este aspecto permite relacionar la UD con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2030), especialmente con el ODS 13 (Acción por el Clima), ya que el estudio de los cambios climáticos, la evolución de la biodiversidad y las extinciones del pasado permite contextualizar el impacto de la actividad humana en los ecosistemas de la Tierra. Un poco por el mismo motivo tiene también relación con los ODS 14 (Vida submarina) y ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), al abordar la evolución de la biodiversidad y la importancia de su conservación. Y ya de manera más indirecta, contribuye al ODS 4 (Educación de Calidad) al fomentar el pensamiento crítico y la comprensión de procesos geológicos y biológicos en base a datos científicos.

Desde un punto de vista didáctico, esta unidad didáctica ofrece un amplio abanico de situaciones y actividades para trabajar distintas competencias y metodologías didácticas. La enseñanza de la historia de la vida y de la Tierra requiere un enfoque pedagógico centrado en el estudiante, haciéndole participe del proceso educativo. En esta unidad didáctica se ha dado bastante peso al aprendizaje basado en la indagación, el cual fomenta la curiosidad científica de los alumnos, poniendo el foco de la enseñanza no tanto en el docente, sino en la exploración que realizan los estudiantes (Jauregui et al., 2018). Por otro lado, también se han planteado en algunas actividades el aprendizaje cooperativo, buscando que los estudiantes compartan un mismo objetivo, que solo puede ser alcanzado a partir de la colaboración entre ellos, fomentando que se generen conductas solidarias

entre los estudiantes (García et al., 2001). Además, la existencia de un objetivo grupal o común muchas veces se traduce en un mejor rendimiento académico por parte de los alumnos (Johnson & Johnson, 1991).

#### **IV. ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA**

Toda la propuesta didáctica va articulada en torno a sus 5 actividades principales, que son de carácter teórico-práctico. No obstante, para poder llevarlas a cabo, es necesario que estén acompañadas e intercaladas con sesiones teóricas de tipo clase magistral, donde se expliquen los conceptos principales sobre la UD. Lo que se busca con las sesiones teóricas es que los alumnos adquieran los conceptos fundamentales como vocabulario específico, explicación de cómo aplicar ciertas metodologías e ideas del marco teórico de la geología histórica. Con esto se evita que las sesiones prácticas sean contraproducentes para los alumnos, ya que, sin una preparación previa, pueden restar más que sumar a sus aprendizajes significativos. De este modo, la organización de las sesiones realizadas en la UD y su relación con las concreciones de los criterios de evaluación queda reflejada en la **Tabla 2**. Toda la UD está adaptada a los alumnos de las dos clases del IES Ramón y Cajal donde se realizó el prácticum (ver apartado *Contexto del centro*).

La estructura de las sesiones está planeada de tal manera que se avance en los contenidos de menos a más, partiendo de los más básicos, e ir profundizando e interconectándolos entre sí conforme se desarrolleen las sesiones. A su vez, conforme se avance en los contenidos, los estudiantes realizarán en las actividades programadas pruebas donde se evaluará lo aprendido hasta ahora, pero que tienen poco peso en la calificación global. El objetivo de estas pruebas cortas contenidas en las actividades es la de monitorizar el aprendizaje de los alumnos y darles retroalimentación. De esta manera, se busca seguir el principio de andamiaje o *scaffolding* (Woods et al., 1976), en el que el docente controla y apoya el aprendizaje de los alumnos, y refuerza aquellos aspectos que aún están por encima de los conocimientos y capacidad del estudiante. El andamiaje general de la propuesta se sustenta en la enseñanza progresiva de los conceptos, el uso de metodologías activas y una evaluación formativa continua, con tareas y pruebas cortas para comprobar el progreso de los estudiantes. A esta estrategia general se le apoya de manera específica con la disponibilidad digital de los materiales de clase en Google Classroom, el guiado del docente en aquellas actividades más innovadoras y el uso de distintos formatos de presentación para el mismo concepto. En resumen, con este proceso

de evaluación formativa se busca involucrar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, que sepan que se espera de ellos y así ellos mismos puedan autorregularse y autoevaluar, para así reenfocar sus acciones a lo largo de la UD (Pérez-Pueyo et al., 2019).

<b>Sesión</b>	<b>Concreción Criterio de Evaluación</b>
<b>ST1: Introducción a la Geología. Concepto de fosilización. Principio del actualismo</b>	<p><b>CE.BGCA.1.1.1.</b> Diferencia los distintos tipos de fósiles que existen y comprende su proceso de fosilización.</p> <p><b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos</p>
<b>A1: Un fósil de Aragón</b>	<p><b>CE.BGCA.1.1.1.</b> Diferencia los distintos tipos de fósiles que existen y comprende su proceso de fosilización.</p> <p><b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos</p> <p><b>CE.B.2.1.1.</b> Es capaz de buscar fuentes fiables a través de internet para obtener información sobre el patrimonio paleontológico de Aragón, sabiendo manejar adecuadamente con los motores de búsqueda.</p> <p><b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón</p>
<b>ST2: Principios estratigráficos. Métodos de datación absolutos y relativos</b>	<p><b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos</p> <p><b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón</p> <p><b>CE.BGCA.6.2.1.</b> Resuelve sin dificultad problemas de datación radiométrica o de bioestratigrafía</p>
<b>A2: Problemas de datación</b>	<p><b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón</p> <p><b>CE.BGCA.6.2.1.</b> Resuelve sin dificultad problemas de datación radiométrica o de bioestratigrafía</p>
<b>ST3: Discordancia y concordancia. Cortes geológicos</b>	<p><b>CE.BGCA.1.1.2.</b> Es capaz de interpretar un corte geológico, ordenando cronológicamente los distintos materiales geológicos.</p> <p><b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos</p>
<b>A3: Cortes geológicos</b>	<p><b>CE.BGCA.1.1.2.</b> Es capaz de interpretar un corte geológico, ordenando cronológicamente los distintos materiales geológicos.</p> <p><b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos</p> <p><b>CE.BGCA.4.1.1.</b> Muestra la capacidad de integrar distintos datos geológicos y paleontológicos para resolver problemas relacionados con distintos tipos de cortes geológicos</p>
<b>ST4: La escala del tiempo geológico: eras y períodos</b>	<p><b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos</p> <p><b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.</p>
<b>ST5: El Precámbrico y la explosión cámbrica</b>	<p><b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón</p> <p><b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.</p>
<b>A4: El rollo del tiempo geológico</b>	<p><b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos</p> <p><b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.</p>
<b>ST6: El Paleozoico</b>	<p><b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón</p> <p><b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.</p>
<b>ST7: El Mesozoico</b>	<p><b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón</p>

	<b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.
<b>ST8: El Cenozoico</b>	<b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón <b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.
<b>A5: Caso práctico por equipos</b>	<b>CE.BGCA.1.1.1.</b> Diferencia los distintos tipos de fósiles que existen y comprende su proceso de fosilización. <b>CE.BGCA.1.1.2.</b> Es capaz de interpretar un corte geológico, ordenando cronológicamente los distintos materiales geológicos. <b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos <b>CE.BGCA.4.1.1.</b> Muestra la capacidad de integrar distintos datos geológicos y paleontológicos para resolver problemas relacionados con distintos tipos de cortes geológicos <b>CE.BGCA.4.2.1.</b> Propone con compañeros de grupo actuaciones consensuadas para problemas relacionados con la actividad humana y el contexto geológico, basada en los datos que dispone y sus interpretaciones. <b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón <b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos. <b>CE.BGCA.6.2.1.</b> Resuelve sin dificultad problemas de datación radiométrica o de bioestratigrafía

Tabla 2. Organización de las sesiones de la UD y su relación con las concreciones de los criterios de evaluación, distinguiendo entre sesiones teóricas (ST) y actividades teórico-prácticas (A).

### **Actividad 1 (A1): Un fósil de Aragón**

#### Introducción

Esta primera actividad está diseñada para trabajar con los estudiantes el concepto de fósil y sus distintas tipologías, aprovechando el rico patrimonio paleontológico que tiene la comunidad autónoma de Aragón, con yacimientos del Paleozoico, del Mesozoico y del Cenozoico, con un registro casi continuo y dos museos muy relevantes de paleontología, que además son recursos didácticos muy valiosos: el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza (MCNUZ, Canudo, 2019) y el Museo Aragonés de Paleontología (Alcalá, 2016). Los fósiles son cualquier evidencia de un ser vivo o de su actividad conservada en el registro sedimentario de la Tierra, y existen de muy diversas características, incluyendo fósiles corporales de los organismos, moldes, huellas de su actividad, excrementos, huevos, etc... Son un recurso didáctico excelente para introducir una gran cantidad de conceptos de biología y de geología, si bien están en ocasiones infroutilizados en el ámbito educativo de secundaria y bachillerato (Martínez Fernández y Suárez Andrés, 1998). Con esta actividad se pretende que los propios alumnos indaguen sobre fósiles de Aragón, buscando un aprendizaje activo, así como que lo hagan a través de fuentes fiables.

## Objetivos

- Aprender los distintos tipos de fósiles que existen y los diferentes procesos de fosilización que pueden darse en la naturaleza.
- Relacionar a los fósiles con su contexto temporal y valorar que información aportan respecto a la edad geológica
- Conectar a los estudiantes con el patrimonio paleontológico de Aragón, haciéndoles conscientes de la importancia de su conservación y puesta en valor

## Descripción

Esta actividad consiste en una tarea a realizar de manera individual por cada alumno, la cual es la búsqueda a través de internet o de otras fuentes (Fósiles que tuvieran por casa/libros/museos, etc.) de un ejemplo de un fósil encontrado en Aragón, del cual tenían que realizar una ficha donde estuviese reflejada la siguiente información: nombre, lugar donde se encontró, edad geológica y tipo de fósil (molde externo/interno, fósil corporal, icnita, etc.) También se les indica a los estudiantes la importancia de incluir las fuentes de donde habían obtenido la información. Una vez terminada la tarea, debían entregarla a través de la aplicación de Google Classroom del IES.

En la siguiente sesión tras realizar la actividad, se comentan en clase algunos ejemplos de fichas entregadas de manera anónima, seleccionando aquellas que son buenos ejemplos, u otras en las que se hayan seleccionados fósiles menos comunes o que sirven para explicar algún tipo de fosilización especial (por ejemplo, insectos en ámbar).

## Organización y temporalización

Para la realización de la actividad es importante que haya tenido lugar previamente la sesión teórica correspondiente (ST1, **Tabla 2**) sobre los fósiles, su tipología y el proceso de fosilización. En esta sesión se explicarán los tipos de fósiles tanto los más generales, como los fósiles corporales y los moldes, pero también otros menos habituales, como las galerías o los coprolitos (**Fig. 1**), para explicar que dentro de la definición de fósil hay una gran diversidad. También se explicarán cuáles son los principales procesos por los que fosilizan, asentando así la base teórica con la que tendrán que trabajar durante la actividad de manera independiente. Durante el resto de la implementación de las sesiones teóricas de la UD, en especial las relativas a la descripción de la historia de la vida y de la Tierra (ST5 a ST8), se van a utilizar ejemplos de fósiles de Aragón de cada

periodo geológico, pudiéndose hacer referencia a esta actividad, como estrategia de repaso y de interconexión de contenidos.



Figura 1. Transparencia de la presentación empleada para la ST1: Introducción a la Geología. Concepto de fosilización. Principio del actualismo.

### Evaluación

Para evaluar esta actividad se va a valorar la participación, ya que entregando la ficha ya se consigue el aprobado (salvo excepción muy extrema), y otros aspectos objetivos se usarán para afinar la evaluación. Aspectos como que los datos aportados sean correctos, que no existan errores conceptuales, el buen uso del vocabulario específicos o citar las fuentes consultadas son algunos de los que se tendrán en cuenta de cara a evaluar. La aportación de la ficha del fósil a la nota total de la unidad didáctica es un **10%**.

### **Actividad 2 (A2): Problemas de datación**

#### Introducción

Conocer la edad de las rocas es uno de los primeros pasos a dar para poder ordenarlas temporalmente, y poder así ir construyendo una escala del tiempo geológico de la Tierra. Para ello, las técnicas de datación geológica son una herramienta fundamental para poner orden, ya sea a través de edades absolutas como hacen los isotopos radiactivos, o a través de edades relativas, que se pueden deducir a través de relaciones entre los distintos estratos (superposición, corte) o con bioestratigrafía con fósiles realizada a grandes rasgos (ej. trilobites más antiguos que mamíferos). En esta actividad, los estudiantes tendrán que realizar una serie de problemas de carácter práctico,

utilizando distintas metodologías de datación que exigen distintos enfoques para resolver los problemas para las que se utilizan. Así pues, esta actividad no solo fomenta el aprendizaje de unas técnicas concretas y su aportación al tiempo geológico, sino que también favorece el desarrollo de habilidades transversales, como la competencia matemática o la analítica. Al conectar teoría y práctica, los estudiantes podrán valorar el rigor y la importancia de la datación geológica en la reconstrucción del pasado de la Tierra, y para el docente supone una herramienta muy valiosa con variadas aplicaciones didácticas (e.g. Bookhagen et al., 2014; Gil Bazán, 2022).

### Objetivos

- Comprender los principios básicos de la datación relativa y absoluta, incluyendo el uso de fósiles guía en bioestratigrafía y el análisis de isótopos radiactivos para determinar edades geológicas.
- Ser capaz de resolver problemas sencillos de datación con elementos radiactivos mediante el uso de métodos matemáticos o el uso de gráficas de desintegración de isotopos.
- Entender la importancia de las técnicas de datación geológica para la reconstrucción de la historia de la Tierra y la concepción del tiempo geológico.

### Descripción

Esta actividad va a ser realizada en dos fases distintas, siguiendo un modelo de instrucción explícita (Archer & Hughes, 2010), el cual busca el compromiso del estudiante en el aprendizaje mediante un constante apoyo del profesor, y marcar claramente el propósito de la tarea, buscando que los alumnos respondan frecuentemente a preguntas, primero, de manera más guiada, y posteriormente de forma independiente.

La primera fase consistirá en la explicación y resolución por parte del profesor de problemas de isótopos radiactivos (**Fig. 2**), que irá solucionando paso a paso y atendiendo a las dudas que puedan surgir a los alumnos. Posteriormente se realizarán otro par de problemas parecidos, pero de manera conjunta con los alumnos, de tal manera que ellos vayan aportando información y *feedback* a la resolución. Si el docente ve que la respuesta por parte de los alumnos es buena, se pasará a la segunda fase.

## Isótopos radiactivos

Al analizar la cantidad de Urano 238 y Plomo 206 que contiene una roca se obtiene el mismo valor.

- a- ¿Qué edad tendrá la roca?
- b- ¿Qué será más abundante en la roca, Potasio 40 o Argón 40?
- c- ¿Qué cantidad crees que estará presente en ella de Carbono 14?

- a- 4.500 millones de años
- b- Argón 40
- c- Prácticamente nada

Figura 2. Transparencia de la presentación empleada para la A2, con uno de los problemas de datación con isótopos radiactivos planteados y sus soluciones.

La segunda fase consistirá en la resolución de manera independiente por parte de los alumnos de problemas de desintegración radiactiva, ya sea por parejas o de manera individual. El profesor hará seguimiento e irá resolviendo dudas, y posteriormente se realizará la corrección en la pizarra de los problemas por parte de alumnos voluntarios. Los problemas que se les entregarán pueden requerir la utilización de fórmulas matemáticas, o de gráficos de desintegración, intentando añadir variedad a los problemas que tienen que realizar. Si el profesor lo ve conveniente, puede mandar ejercicios para realizar en casa como refuerzo.

Por otro lado, en cuanto a ejercicios de bioestratigrafía se les dedicará menos tiempo al ser conceptualmente más sencillos. Se les planteará una serie de casos tipo, en el que se les describe la asociación fósil de una roca. Con ayuda de una escala de tiempo proyectada en una pantalla (Fig. 3), tendrán que datar y acotar el período de tiempo geológico en el que pueden situar esa roca. Como el IES Ramón y Cajal tiene su propia colección de fósiles en el departamento de Biología y Geología, se llevarán ejemplares físicos de cada fósil, habiendo sido estos seleccionados previamente, para que aprendan a reconocer a grandes rasgos fósiles guías importantes. Un ejemplo de problema y su solución sería:

*“Una caliza contiene los siguientes fósiles: amonoideos, bivalvos, braquiópodos, y peces” ¿En qué intervalo o periodo geológico se depositó? Respuesta: Mesozoico*

Con esta actividad se pretender introducir también el concepto de tiempo geológico y las divisiones de éste, que se van a trabajar en las siguientes sesiones.

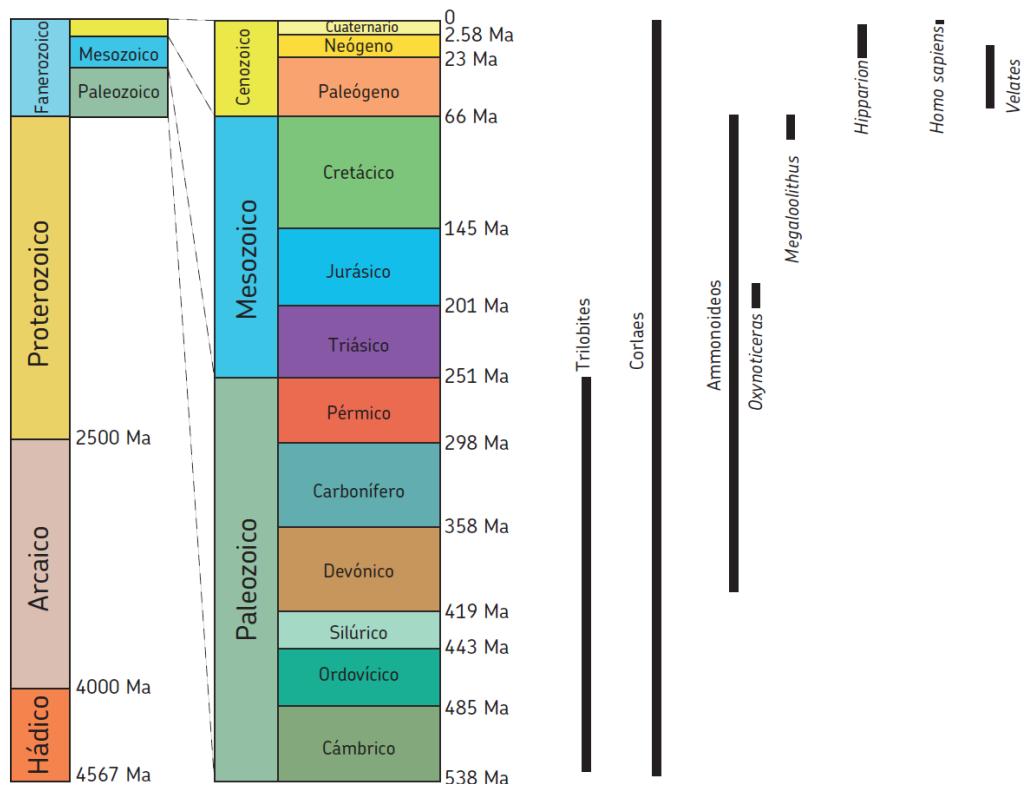


Figura 3. Escala del tiempo geológico con rangos de edad de distintos grupos de fósiles guía que serán usados en la actividad.

#### Organización y temporalización

Para la realización de la actividad es importante que haya tenido lugar previamente la sesión teórica correspondiente (ST2, **Tabla 2**) sobre los principios estratigráficos (superposición de los estratos, corte, etc.) y sobre métodos de datación absolutos y relativos. La actividad de problemas se realizará durante una sesión completa, trabajando durante la primera fase todos juntos, y durante la segunda trabajaran los alumnos por parejas y/o solos según convenga. Es conveniente introducir algún problema de repaso en alguna de las sesiones posteriores para reforzar este conocimiento, puesto que va a tener su importancia en la prueba final.

#### Evaluación

En esta actividad se busca que los alumnos aprendan a resolver problemas de datación geológica mediante distintas técnicas, primero realizándolos junto al docente, y posteriormente de manera independiente, siguiendo un modelo de instrucción explícita. La manera de evaluarla será a través de los ejercicios que los alumnos realicen de manera

individual o por parejas, que serán corregidos en la pizarra por voluntarios, y se irá siguiendo paso a paso su resolución haciendo un seguimiento para comprobar que todos los alumnos lo han comprendido y resolviendo dudas. Se evaluará positivamente si los alumnos demuestran que han adquirido la competencia de resolver este tipo de problemas de manera independiente. Si se observa que no la han adquirido o que necesitan refuerzo, se realizarán ejercicios adicionales en otras sesiones o se enviarán ejercicios de repaso. Por tanto, esta actividad no cuenta para la calificación final de la UD.

### ***Actividad 3 (A3): Cortes geológicos***

#### Introducción

La tercera actividad planteada en la UD se va a centrar en la interpretación y análisis de varios tipos de cortes geológicos, otro instrumento más para entender como los geólogos estudian la estructuras de los macizos rocosos y ordenan sus distintas unidades desde un punto de vista temporal. Un corte geológico, de acuerdo al ICGC (2025) es: “*una representación gráfica de la intersección de los cuerpos geológicos en el subsuelo con un plano vertical de una orientación determinada. Es una sección del terreno donde se representan los diferentes tipos de rocas, su constitución y estructura interna y las relaciones geométricas entre ellas*”. Es decir, es un esquema aproximado de la estructura de un sector de la corteza terrestre, que muestra la disposición de sus diferentes capas, que se reconstruye a través de la observación directa de afloramientos bien expuestos o a través de datos provenientes del subsuelo (sondeos, geofísica, etc.). Su uso en la enseñanza de la Ciencias de la Tierra en bachillerato es muy adecuado, ya que a partir de un corte se pueden trabajar muy variados aspectos, como tipos de estructuras geológicas (pliegues, fallas, discordancias, diques, etc.), reconocer principios de la geología (superposición de los estratos, horizontalidad original, relaciones de corte), analizar la evolución histórica de un paisaje a lo largo de millones de años o caracterizar a las fuerzas que han generado la estructura, por poner algunos ejemplos.

Obviamente, la mejor manera de trabajar un corte es a través de uno real que podamos trabajar que se encuentre en nuestro entorno cercano. No obstante, el contexto de las aulas y horarios de un instituto limitan mucho la posibilidad de hacer esto, por lo que lo normal es trabajar con cortes geológicos teóricos, que no reflejan ninguno real, pero que están idealizados y adaptados para mostrar algún aspecto en concreto en el que se quiera poner el foco.

## Objetivos

El principal objetivo de esta actividad es que los estudiantes sean capaces de interpretar cortes geológicos, obteniendo información sobre la cronología de las diferentes unidades e identificando las distintas estructuras y elementos, para poder reconstruir la historia geológica del corte que explique su formación.

## Descripción

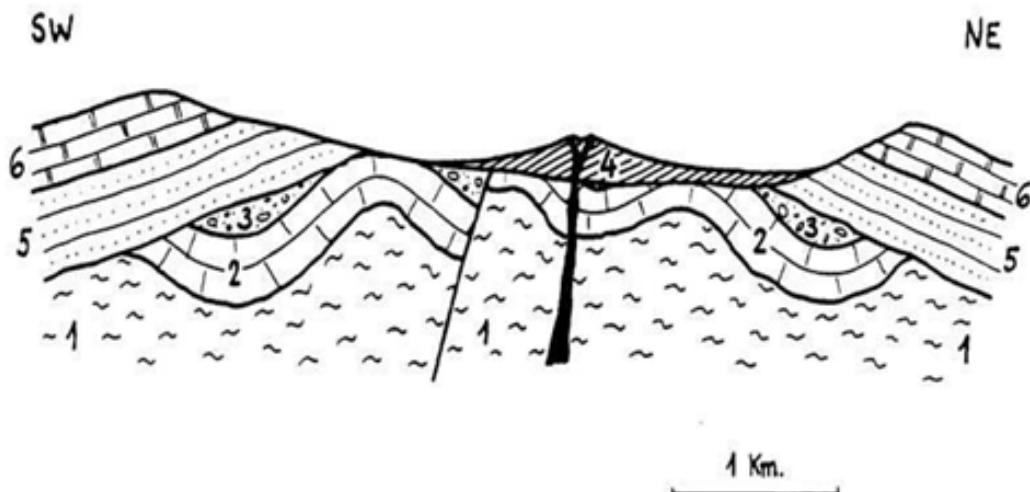
La actividad seguirá un orden parecido a la A2, siguiendo el modelo de instrucción explícita, dado que la interpretación de los cortes geológicos puede ser compleja, e incluso en ocasiones puede dar pie diferentes propuestas de interpretación, por lo que lo más recomendable sería avanzar paso a paso.

Inicialmente, y haciéndolo juntamente con el profesor, se pretenden analizar los diferentes cortes geológicos, ordenando las unidades que en ellos aparecen, de más antiguas a más modernas, identificar discordancias y finalmente reconstruir la historia geológica del corte, indicando las distintas fases de depósito, plegamiento, erosión e intrusiones. Se comenzará por cortes sencillos, para ir aumentando gradualmente la dificultad, introduciendo conceptos nuevos, como, por ejemplo, añadir datos bioestratigráficos en algunas unidades (**Fig. 4**). Posteriormente, se les dejará algunos cortes que tendrán que analizar de manera autónoma, sin ayuda del profesor. Una vez los hayan hecho, se corregirán conjuntamente y se revisarán los errores más comunes. Lo importante es analizar muchos cortes diferentes, y que tengan claro la manera de realizar el análisis, para que cuando lo hagan solos, sepan cómo actuar y por donde empezar.

## Organización y temporalización

Para haber podido realizar esta actividad, los alumnos deben haber ya dado la ST3: Discordancia y concordancia. Cortes geológicos (**Tabla 2**), donde se explicará los distintos elementos que pueden encontrarse en un corte estándar, y como es la mejor forma para proceder a analizarlo. Como esta sesión teórica tiene una importante componente de carácter visual, lo más recomendable es realizarla intercalada con la propia A3, de tal manera que en los primeros ejemplos que se trabajen, se puedan identificar fácilmente los conceptos teóricos que se acaban de enseñar previamente. Lo recomendable sería hacer una primera sesión con esta intercalación más guiada, y una segunda, con más componente práctica y cortes más complejos, y que tenga una fase

importante de trabajo autónomo. Al igual que con los problemas de la A2, es conveniente hacer repaso de los cortes geológicos en sesiones posteriores, pudiéndolos introducir brevemente para que no se les olvide la manera de trabajarlos y evaluar su capacidad de retención.



Leyenda: 1- Gneises precámbrios. 2- Calizas con *Fusulina*. 3- Conglomerados y arenas con restos de flora pérmbica. 4- Andesitas. 5- Arenas con pisadas de Dinosaurios. 6- Calizas con *Hildoceras*.

*Figura 4. Uno de los cortes analizados durante la A3, en este caso algunas unidades presentan información bioestratigráfica.*

#### Evaluación

Al final de la segunda sesión de esta actividad 3, se realizará una pequeña prueba de evaluación individual que consistirá en el análisis de un corte geológico inédito hasta el momento. Los alumnos tendrán unos 15 min dentro de una sesión normal de 50 minutos para completarla y contará un **10% del total** de la calificación de la UD. La nota máxima se obtendrá si se realiza un análisis perfecto del corte, y se descontarán puntos por fallos menores (por ejemplo, equivocar el orden de depósito de dos unidades) y por fallos mayores o conceptuales (denominar discordancia una superficie que no lo es) de manera proporcional. La prueba de cortes realizada se puede consultar en el **ANEXO I**.

#### ***Actividad 4 (A4): El rollo del tiempo geológico***

##### Introducción

El concepto del tiempo geológico puede resultar difícil de asimilar conceptualmente para los estudiantes de secundaria y bachillerato, (y también para personas adultas). El principal desafío conceptual al que se pueden enfrentar los estudiantes es la magnitud del tiempo geológico, ya que las escalas entre las que se mueve

superan en gran medida a las que utilizamos las personas en nuestra vida cotidiana, requiriendo muchas veces utilizar un pensamiento diacrónico para solventar esta diferencia de escalas (Dodick & Orion 2003). Para que los alumnos sean capaces de adquirir y comprender bien el concepto del tiempo geológico, se requiere realizar un aprendizaje basado en adquisiciones parciales, variadas y con distintos enfoques, que se van integrando y conectando entre sí (Pedrinaci & Berjillos, 1994; Sequeiros et al., 1996).

Por esto se plantea en esta actividad, la cual es una adaptación de la propuesta de Fernández-Martínez et al., (2016). Es una aproximación a la escala del tiempo geológico basada en el aprendizaje activo, en la cual los propios estudiantes van a tener que construir en equipo su propia representación de la historia de la Tierra y situar en ella los diferentes eventos más relevantes, a fin de comprender mejor la escala temporal del planeta.

### Objetivos

- Concienciar a los alumnos sobre la magnitud del tiempo geológico, y establecer comparaciones con la escala temporal humana.
- Relacionar los principales eventos de la historia de la Tierra con los períodos geológicos correspondientes.
- Desarrollar actitudes colaborativas, mediante la resolución de un problema a través del trabajo en equipo.

### Descripción

En esta actividad, los estudiantes van a dedicar la clase en representar la historia de la Tierra en un rollo de papel en blanco de los que se usan en datafonos y máquinas registradoras. Los estudiantes serán organizados en equipos de 5-6 personas, y tendrán que trabajar en equipo de manera autónoma, aunque el profesor dará las principales directrices y realizará un seguimiento en los distintos grupos.

Lo primero que tienen que realizar es calcular que cantidad de rollo necesitan y a que escala van a querer proyectar el tiempo geológico de la Tierra, partiendo de la base de que la Tierra tiene unos 4560 millones de años de antigüedad aproximadamente. Para ello tendrán que realizar el cálculo matemático para determinar cuanta longitud del rollo equivale a un millón de años. Una vez decidida la proporción a aplicar, deberán ir marcando los millones de años, teniendo en cuenta que la época actual equivale a 0, y el origen de la Tierra a 4560 ma, por lo que el avance en el tiempo es sustractivo.

Posteriormente, el profesor les irá proyectando en una pantalla aquellos eventos más relevantes de la historia de la Tierra, y la fecha estimada en la que sucedieron, por ejemplo, el origen de la vida (hace unos 3500-3800 ma), la explosión cámbrica (hace unos 538 ma), la formación de Pangea (hace unos 255 ma), etc... A su vez, el profesor también les marcará los límites entre los diferentes períodos y eones del tiempo geológico, para que vayan marcándolos como franjas en el rollo de papel.

Conforme vayan rellenando el rollo de eventos más antiguos a eventos más modernos, se tendrán que dar cuenta que una gran parte de los eventos relativos a la evolución de la vida están condensados en los últimos 540 millones de años, lo que hará que tengan la parte final del rollo muy condensada de eventos, mientras que más de tres cuartas partes del mismo estarán casi vacías, y con los eventos muy espaciados temporalmente. Esto puede servir para hacer una reflexión sobre la magnitud del tiempo geológico y tener que plantear hacer una segunda línea del tiempo geológico que solo incluya el Fanerozoico, pero con una escala mayor (**Fig. 4**). Esto les permitirá tener una mayor resolución para los eventos que ocurrieron en el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, y poder valorar así también su separación temporal.

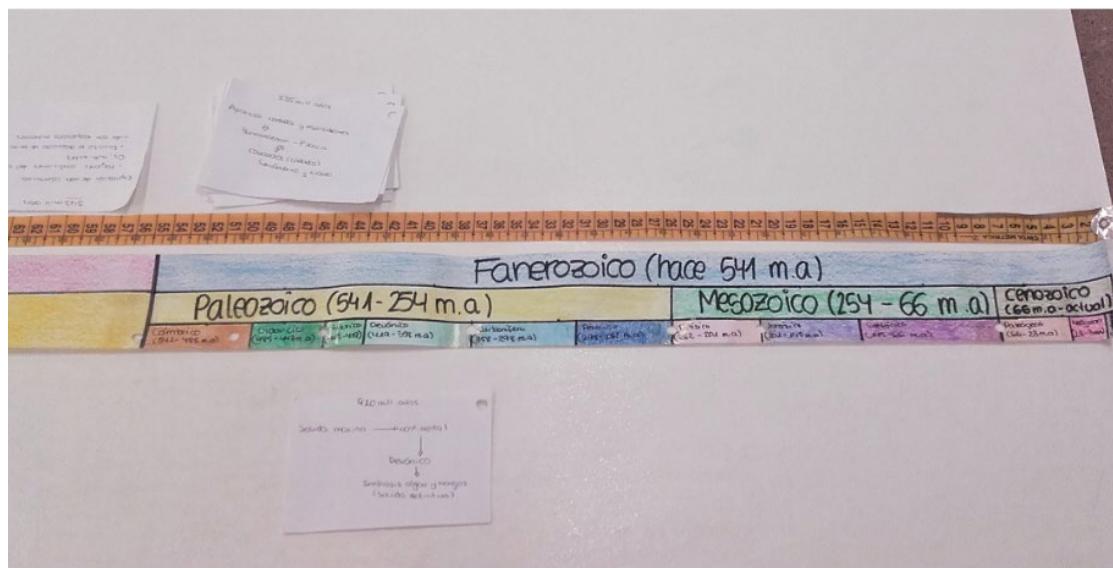


Figura 4. Ejemplo de un modelo de escala de tiempo geológico para el Fanerozoico como la que se podría realizar en la A4 (tomado de Fernández-Martínez et al., 2016).

#### Organización y temporalización

La A4 tiene que ser llevada a cabo después de haberse realizado las sesiones teóricas ST4: La escala del tiempo geológico: eras y períodos y ST5: El Precámbrico y la explosión cámbrica (**Tabla 2**), donde se van a explicar los principales conceptos que van

a ser utilizados aquí, como el cálculo de la edad de la Tierra, como se organiza el tiempo geológico y la primera parte de este, por lo que algunos eventos del Proterozoico ya los conocerán al comenzar la actividad. Por otro lado, van a trabajar también con los eventos del Fanerozoico, por lo que les sonarán ya algunos cuando se den las siguientes sesiones teóricas. La realización de la actividad se contempla realizarla en una sesión normal.

### Evaluación

Para evaluar esta actividad se va a valorar la participación al igual que la A1, pero sobre todo la capacidad de indagación de los estudiantes. Para ello, una vez terminada la actividad se les planteará realizar una tarea en Google Classroom, donde se les proporcionará una lista de geológicos y biológicos junto con unas instrucciones para crear una tabla con las diferentes divisiones temporales de la historia de la Tierra, teniendo que situarlos en su lugar. Como tarea adicional, deberán buscar tres eventos adicionales que no figurarán en la lista y situarlos en su tabla. El enunciado de la tarea se encuentra recogido en el **ANEXO II**. Si entregan la tabla rellenada correctamente o casi correctamente, ya se considerará que la tarea está completada satisfactoriamente, y si añaden los 3 eventos adicionales que tienen que investigar por su cuenta, obtendrán una mejor calificación, considerándose la tarea completada de manera excelente. La aportación de la escala del tiempo geológico a la nota total de la UD es un **10%**.

### ***Actividad 5(A5): Caso práctico por equipos***

#### Introducción

La última actividad de la UD vendría a ser el remate final del andamio que se ha ido construyendo a lo largo de la misma. En la A5, los estudiantes van a tener que poner en práctica todo lo aprendido a lo largo de las diferentes sesiones, combinando las diferentes técnicas y aprendizajes sobre la historia de la Vida y de la Tierra que han adquirido por el camino.

Se plantea realizar una prueba final de la UD algo diferente al típico examen o control clásico. La actividad propuesta se basa en la metodología de clase puzzle o *jigsaw* (Aronson et al., 1978), la cual está diseñada para promover la colaboración de los alumnos, reducir la competencia entre ellos y mejorar su comprensión de los contenidos. En esta metodología, los estudiantes trabajan en grupos pequeños, donde cada miembro tiene la responsabilidad de aprender y enseñar a sus compañeros una parte específica del tema, o de realizar una tarea específica concreta que luego ayude a completar la tarea

global del grupo. De esta manera se genera una interdependencia positiva entre los miembros del grupo, ya que el éxito solo se asegura si cada miembro del grupo contribuye.

Existen numerosos ejemplos de la aplicación de esta técnica en la enseñanza de las ciencias de la Tierra (e.g. Bykerk-Kauffman, 1995; Karacop, 2018; Dahl, 2018). Destaca su uso para trabajar aspectos complejos conceptualmente, pero que pueden subdividirse en ideas más sencillas, o en sesiones de carácter más aplicado y práctico, como pueden ser las prácticas de laboratorio.

### Objetivos

- Integrar todos los conocimientos aprendidos sobre geocronología, principios de la geología, fósiles guía, etc..., para resolver problemas geológicos más complejos.
- Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y comunicación efectiva entre los alumnos.
- Fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas mediante el análisis y discusión de los datos de un caso práctico, a través de cuestiones que requieren una respuesta razonada, y pueden ser abiertas en ocasiones.

### Descripción

La actividad que se propone como prueba final de la propuesta didáctica consiste en un caso práctico que se podría parecer a una situación real al que se podrían enfrentar un grupo de geólogos de una empresa. Es decir, se diseñó como una situación de aprendizaje en la que los alumnos tuvieran que enfrentarse a un problema, utilizando sus conocimientos teóricos de manera aplicada.

Siguiendo la metodología de clase puzzle, se crean pequeños grupos de 3 o 4 alumnos, y dentro de cada grupo se asigna a cada alumno un rol especial. El caso práctico consiste en interpretar un corte geológico para poder buscar un yacimiento mineral, para ello, cada grupo representaba a un equipo de geólogos, dentro del cual hay varios especialistas, cada uno con un rol específico asignado. En cada grupo hay un paleontólogo, que es el único que puede describir e interpretar los fósiles, un geocronólogo que es el único que puede interpretar las dataciones con isótopos, un mineralólogo, que es el único que puede analizar los minerales de cada unidad geológica y determinar su contenido en litio, y por último un estratígrafo, encargado de ordenar las

distintas capas geológicas en una columna estratigráfica. En el caso de que en un grupo se quede un rol sin cubrir porque son 3 alumnos, se combinarían el rol de mineralólogo y el de estratígrafo. De esta manera, cada miembro del equipo tiene que obtener parte de la información necesaria para resolver el corte una vez puesto todo en común.

Los alumnos se distribuyen en el aula en sus pequeños grupos, juntando las mesas de los integrantes (**Fig. 5**), y a su vez hay en el aula una serie de estaciones a las que solo pueden acudir sus respectivos especialistas. Hay una con fósiles de ciertas unidades del corte, otra con datos de dataciones isotópicas y otra con rocas y su contenido mineral. Con los datos obtenidos a partir de los fósiles y de los datos isotópicos, van a poder conocer la edad de algunas unidades del corte, lo que les va a ayudar a resolverlo. En la prueba, además de resolver el corte geológico, tienen que ordenar temporalmente las unidades estratigráficas del mismo y completar una serie de enunciados con información de historia geológica, siendo este un apartado algo más teórico. Finalmente, tendrán que decidir en qué lugar del corte piensan que es mejor para realizar una explotación minera, teniendo en cuenta todos los datos (edad de los materiales, contenido mineral, proximidad a las poblaciones, etc.). Se adjunta el enunciado de la prueba final como **ANEXO III**.



*Figura 5. Los alumnos de 1º AF del IES Ramón y Cajal haciendo la actividad A5 durante la realización del prácticum.*

#### Organización y temporalización

La realización de la actividad A5 se tiene que realizar en último lugar en la UD, una vez se han completado el resto de sesiones y actividades, dado que es el colofón final

de la propuesta didáctica (**Tabla 2**). La actividad se llevará a cabo en una sesión normal de 50 minutos, si bien conviene preparar la clase previamente, agrupando las mesas de los grupos y situando las estaciones para los especialistas, para ganar algo de tiempo.

### Evaluación

Esta actividad es en sí misma una prueba de evaluación final de la UD, y por ello tiene un peso importante en la calificación final de la misma, un **60% del total**. El enunciado de la prueba (**ANEXO III**) consta de 5 apartados que deben de ser respondidos, estando indicando en cada uno su valor numérico respecto al total de la nota, que es de 10. Hay cuatro apartados con preguntas teórico-prácticas que valen 2,25 puntos cada uno, y están diseñados para que solo haya una respuesta correcta, con poco margen de matización. Se descontarán puntos proporcionalmente por fallos menores y por fallos de mayor entidad, de carácter conceptual. El quinto apartado, que vale un punto, es una pregunta que requiere la reflexión conjunta del grupo para tomar una decisión “técnica” en base a los datos que han obtenido previamente, y hay margen para la discusión, que siempre que esté bien justificada, se valorará positivamente. Al ser una prueba colaborativa, la calificación es grupal, los 4 miembros del grupo obtienen todos el mismo resultado en su examen.

## **V. EVALUACIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE**

En una propuesta didáctica, la evaluación es un elemento esencial, ya que permite medir y valorar el grado de adquisición de los objetivos de aprendizaje, y si los estudiantes han sido capaces de desarrollar las competencias clave. La evaluación va a permitir por un lado que los estudiantes puedan identificar sus logros y reconocer en qué aspectos tienen más dificultades, y, por otro lado, el profesor se vale de ella para comprobar la eficacia de su acción docente, y ajustar su metodología y sus estrategias para conseguir en futuras actuaciones una relación enseñanza-aprendizaje más efectiva y adaptado a sus alumnos. Una evaluación que esté bien diseñada va a facilitar la mejora de la acción didáctica y que el aprendizaje sea significativo, efectivo y duradero.

En esta UD, la evaluación va a venir condicionada por los criterios de evaluación que se han marcado inicialmente, y que están recogidos en la **Tabla 1**. A raíz de ellos, se han elaborado una serie de instrumentos de evaluación variados con los que se ha valorado la eficacia de la propuesta didáctica. La relación de los diferentes instrumentos

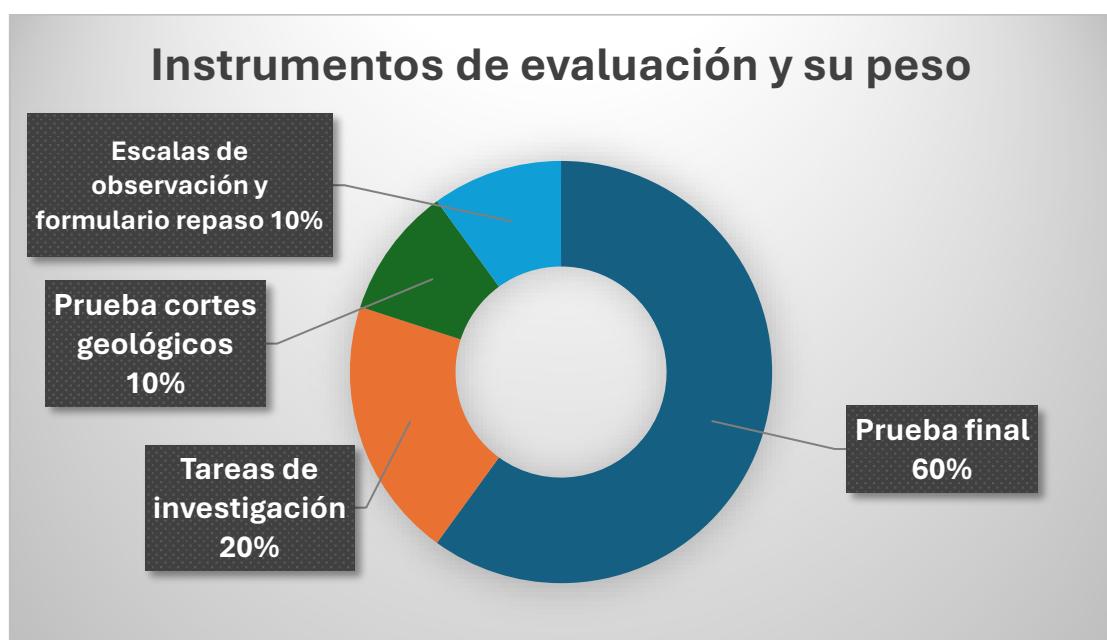
con sus respectivas concreciones de los criterios de evaluación se encuentra recogidos en la **Tabla 3**. A continuación, se describen los diferentes instrumentos de evaluación que se han utilizado en la UD, cuyo peso final en la calificación está reflejado en la **Figura 6**:

#### **-Prueba final (II)**

Esta prueba corresponde con la realizada en la A5, el caso práctico realizado por equipos, y en ella los estudiantes tendrán que aplicar los conocimientos aprendidos durante las diferentes sesiones de la UD en un caso teórico práctico que tiene que ser resuelto de manera colaborativa. La nota obtenida en esta prueba será grupal, aunque puede haber matizaciones por parte del profesor si este ha observado que alguno de los alumnos no se ha implicado ni comprometido durante la prueba. Esta prueba supone el **60% de la calificación** total de la nota de la UD. La prueba se puede encontrar en el **ANEXO III**.

#### **-Prueba de cortes geológicos(I2)**

En esta prueba se evaluará la capacidad de los estudiantes de analizar un corte geológico y reconstruir la historia del mismo, directamente relacionada con las concreciones de los criterios de evaluación **CE.BCCA.1.1.2.** y **CE.BCCA.4.1.1.** Corresponde con la prueba realizada en la actividad A3, cuya nota será individual y supone un **10% del total de la calificación** de la UD.



*Figura 6. Gráfico que muestra el peso de los distintos instrumentos de evaluación en la calificación final de la UD.*

### **- Tareas de investigación (I3)**

En este instrumento de evaluación estarían incluidas las tareas encargadas durante las actividades A1 y A4, en las que los estudiantes tienen que indagar sobre fósiles de Aragón y sobre eventos de la historia de la Tierra respectivamente. Se valorará la capacidad de investigación de los estudiantes y la fiabilidad de las fuentes. Estas tareas están relacionadas con las concreciones de los criterios de evaluación **CE.BGCA.1.1.1**, **CE.BGCA.2.1.1.**, **CE.BGCA.6.1.1** y **CE.BGCA.6.1.2**. Se evaluarán de manera individual y suponen el **20% de la calificación total** de la UD.

### **- Escala de observación y formulario de repaso (I4)**

Aquí entran todas aquellas observaciones realizadas por el docente durante la impartición de la UD. Se valoraron aspectos como la actitud, la participación, el interés en la materia, las dudas preguntadas, el esfuerzo comprometido, etc..., por cada uno de los alumnos. Este instrumento puede presentar algunos problemas, ya que puede tener una componente subjetiva importante por parte del docente, que puede estar sesgado hacia ciertos alumnos. Para contrarrestar ese sesgo, se les subió a Google Classroom un formulario de Google Forms de repaso de la UD de carácter voluntario. Dicho formulario presentaba 10 preguntas tipo test sobre distintos aspectos de la UD (**Fig. 7**), cuyas soluciones eran mostradas una vez se habían respondido todas las preguntas. Además de servirles para repasar de cara a la prueba final y hacerse idea del tipo de preguntas que podrían encontrar en la prueba final, el formulario sirvió al docente para valorar positivamente a todos aquellos alumnos que lo completaron, independientemente del resultado obtenido.

<b><i>Criterios de evaluación</i></b>	<b><i>Concreciones C.E.</i></b>	<b><i>Instrumento de evaluación</i></b>
<b>CE.BGCA.1.1.</b> Analizar críticamente conceptos y procesos relacionados con los saberes de la materia, interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas).	<b>CE.BGCA.1.1.1.</b> Diferencia los distintos tipos de fósiles que existen y comprende su proceso de fosilización.	<b>I1: Prueba final</b> <b>I3: Tareas de investigación</b>

	<b>CE.BGCA.1.1.2.</b> Es capaz de interpretar un corte geológico, ordenando cronológicamente los distintos materiales geológicos.	<b>I1: Prueba final</b> <b>I2: Prueba de cortes geológicos</b>
<b>CE.BGCA.1.2.</b> Comunicar informaciones u opiniones razonadas relacionadas con los saberes de la materia o con trabajos científicos, transmitiéndolas de forma clara y rigurosa, utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas y símbolos, entre otros) y herramientas digitales.	<b>CE.BGCA.1.2.1.</b> Utiliza la nomenclatura geológica adecuada, tanto para estructuras, fósiles y períodos de tiempo geológicos	<b>I1: Prueba final</b> <b>I2: Prueba de cortes geológicos</b> <b>I3: Tareas de investigación</b> <b>I4: Escala de observación y formulario de repaso</b>
<b>CE.BGCA.2.1.</b> Plantear y resolver cuestiones relacionadas con los saberes de la materia, localizando y citando fuentes adecuadas y seleccionando, organizando y analizando críticamente la información	<b>CE.B.2.1.1.</b> Es capaz de buscar fuentes fiables a través de internet para obtener información sobre el patrimonio paleontológico de Aragón, sabiendo manejarse adecuadamente con los motores de búsqueda.	<b>I3: Tareas de investigación</b>
<b>CE.BGCA.4.1.</b> Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos, geológicos o ambientales, utilizando recursos variados como conocimientos propios, datos e información recabados, razonamiento lógico, pensamiento computacional o herramientas digitales.	<b>CE.BGCA.4.1.1.</b> Muestra la capacidad de integrar distintos datos geológicos y paleontológicos para resolver problemas relacionados con distintos tipos de cortes geológicos	<b>I1: Prueba final</b> <b>I2: Prueba de cortes geológicos</b>
<b>CE.BGCA.4.2.</b> Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos biológicos, geológicos o ambientales y modificar los procedimientos utilizados o las conclusiones obtenidas si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados o recabados con posterioridad.	<b>CE.BGCA.4.2.1.</b> Propone con compañeros de grupo actuaciones consensuadas para problemas relacionados con la actividad humana y el contexto geológico, basada en los datos que dispone y sus interpretaciones.	<b>I1: Prueba final</b> <b>I4: Escala de observación y formulario de repaso</b>
<b>CE.BGCA.6.1.</b> Relacionar los grandes eventos de la historia terrestre con determinados elementos del registro geológico y con los sucesos que ocurren en la actualidad, utilizando los principios geológicos básicos y el razonamiento lógico.	<b>CE.BGCA.6.1.1.</b> Sabe identificar los principales fósiles guía para cada periodo de tiempo geológico. Conoce patrimonio paleontológico de Aragón  <b>CE.BGCA.6.1.2.</b> Conoce los principales eventos de la historia de la tierra, tanto evolutivos como geográficos.	<b>I3: Tareas de investigación</b> <b>I4: Escala de observación y formulario de repaso</b>  <b>I1: Prueba final</b> <b>I2: Prueba de cortes geológicos</b> <b>I3: Tareas de investigación</b> <b>I4: Escala de observación y formulario de repaso</b>

<b>CE.BGCA.6.2.</b> Resolver problemas de datación, analizando elementos del registro geológico y fósil y aplicando métodos de datación.	<b>CE.BGCA.6.2.1.</b> Resuelve sin dificultad problemas de datación radiométrica o de bioestratigrafía.	<b>I1: Prueba final</b> <b>I4: Escala de observación y formulario de repaso</b>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

*Tabla 3. Relación de los diferentes instrumentos de evaluación utilizados en la UD con sus respectivos criterios de evaluación y sus concresciones.*

En lo relativo a la aplicación de estos instrumentos de evaluación, siempre se hizo de manera coordinada con la tutora del prácticum, incorporando sus sugerencias y modificaciones. Para corregir todas estas pruebas con el mismo criterio, yo mismo las hice previamente, para decidir con que puntuación calibraba las respuestas, en base a contenido obligatorio, errores cometidos, razonamientos empleados, etc... Partiendo de eso como base, fui corrigiendo todas las pruebas y creando un estándar de corrección, si bien no lo plasme en ninguno de los casos en una rúbrica o instrumento similar. En aquellos casos en los que tuve dudas o había diferentes posibles interpretaciones, lo consulté con la tutora, para acordar una respuesta común. Por otro lado, acordamos que la calificación obtenida en la UD por cada alumno contaría para la nota global de la asignatura y así se lo comunicamos a los alumnos, si bien ella se reservó la decisión del peso en el total, el cual decidiría una vez terminará el trimestre.

En lo relativo al análisis de los resultados de aprendizaje, la presente propuesta didáctica no presenta muchos datos y muchos son valorativos más que numéricos. Al no realizar una evaluación inicial reglada, la comparación de los datos previos y posteriores a la implementación de la UD se hace difícil. Además, está impartición de la UD didáctica se excedió temporalmente más allá del período de prácticas por motivos ajenos al profesor en prácticas (la A5, la prueba final, se tuvo que realizar con uno de los grupos a la semana siguiente de haber concluido el prácticum), por lo que la elaboración del listado de notas finales teniendo en cuenta el peso de cada instrumento de evaluación quedó a cargo de la tutora de prácticas, por acuerdo entre los dos.

Todos los estudiantes aprobaron la UD, y salvo algunos casos concretos, todos superaron sin problema todas las actividades y tareas propuestas. Por conversaciones mantenidas con la tutora posteriormente, las calificaciones obtenidas por los alumnos fueron elevadas, situándose la mayoría entre Notable y Sobresaliente, y muy pocos Bien, si bien no se pueden detallar aquí por lo comentando anteriormente. En lo relativo al formulario de repaso, todos los alumnos excepto dos lo completaron (40/42, un 95% de

tasa de respuesta), con un porcentaje medio de respuestas acertadas alto (80%). Teniendo en cuenta estos datos, se puede considerar que el uso de la UD fue eficaz y que tuvo éxito en sus objetivos en líneas generales, sin olvidar que tiene sin lugar a duda margen de mejora, los cuales se desgranan en el apartado siguiente.

En un yacimiento encuentras los siguientes fósiles: 1) Trilobites 2) *Hallucigenia*, un animal de afinidades desconocidas 3) *Anomalocaris*, un artrópodo superdepredador 4) moluscos primitivos 5) *Pikaia*, un cordado basal.  
 ¿A qué período geológico corresponde el yacimiento?



- Al Devónico
- Al Triásico
- Al Silúrico
- Al Cámbrico

Figura 7. Ejemplo de una de las preguntas del formulario de repaso.

## VI. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA

Tras haber implementado esta propuesta didáctica hace dos años (en el año 2023), sigo pensando que fue una experiencia enriquecedora, ya que me abrió los ojos al verdadero trabajo de un docente de instituto, y me sirvió para aprender mucho. Pudiendo dedicar tiempo a reflexionar sobre ella al elaborar este trabajo de final de máster, puedo fácilmente ahora ver mis fallos y aciertos como docente desde una perspectiva algo más objetiva, y señalar algunos aspectos en los que creo que podría haberse actuado de otra manera, que se podrían haber planteado mejor o que son errores míos fruto de mi inexperiencia como docente de personas adolescentes.

Uno de los principales desafíos a los que me enfrenté al plantear esta UD fue la gestión del tiempo. Yo soy bastante optimista por naturaleza, y mi planificación de sesiones se quedó algo larga para el tiempo real de docencia que tuve disponible, a veces por causa mía, dado que algunas de las sesiones que prepare requerían más tiempo del que había planificado yo teóricamente, y otras veces por causa ajena. Por ejemplo, una de las semanas del prácticum solo pude tener una clase con uno de los grupos, ya que tuvieron un viaje de varios días y no se pudo realizar ninguna sesión esa semana. Esto generó un retraso en toda la planificación de la UD que se arrastró hasta el final del prácticum, teniendo que realizar la actividad A5 con dicho grupo fuera de las fechas previstas de realización de las prácticas. Creo que fui muy ambicioso con todos los contenidos que quería abarcar, y si tuviera que rediseñar la propuesta didáctica, reduciría aquellos contenidos teóricos de menor relevancia y simplificaría algunas de las actividades prácticas. También eliminaría los cortes geológicos más complejos que realizamos, porque generaban confusión a los alumnos, y perjudicaban su aprendizaje más que fomentarlo.

Otro aspecto para mejorar es en lo relativo a la evaluación de la UD. No he utilizado instrumentos reglados como rúbricas o listas de cotejos, ni tampoco un formulario de evaluación inicial, suponiendo una limitación grande. Sin una fuente de información más precisa, mis opiniones sobre el desempeño de los alumnos son muy subjetivas, y pueden tener sesgos que lo único que pueden hacer a la larga es perjudicar a los alumnos.

Al final del prácticum, por su precipitado cierre, no pude realizar una encuesta de evaluación a los alumnos, lo que limita mi capacidad de conocer su opinión sobre la UD. No obstante, pude hablar con la tutora para que les consultará en clase, y me pudo transmitir en líneas generales las opiniones que habían manifestado. A la mayoría les gustó la propuesta didáctica, y agradecieron mucho los materiales que les preparé, entre ellos destacando las presentaciones de Power Point de las clases teóricas, las cuales tenían disponibles en Google Classroom. Afirmaban que les fueron muy útiles para estudiar, ya que tenían muchas imágenes y ejemplos de conceptos teóricos. También comentaron que les gustó que se hicieran clases un poco diferentes a las habituales, en especial la prueba final por equipos, si bien algún alumno en concreto comentó que preferiría haber hecho un examen clásico individual. Otro aspecto para revisar, ya que varios estudiantes también se quejaron al respecto es la carga de trabajo. Varios alumnos manifestaron que el volumen de actividades fue demasiado elevado. La idea de mandar muchas tareas cortas buscaba consolidar los aprendizajes dados en clase, y aparte ofrecer la oportunidad de profundizar a aquellos que estuviesen interesados. No obstante, en el futuro, quizás sería conveniente reducir el número, o simplificar las ya previstas para que sean más sencillas de hacer priorizando calidad sobre cantidad.

Finalmente me queda valorarme a mí como docente. Tuve la suerte de dar una UD sobre un tema que me gusta y controlo bien. Quizás en algunos momentos profundice demasiado para los contenidos que están estipulados para 1º de Bachillerato, además de que a veces utilizaba vocabulario demasiado técnico, aspecto que me comentó la tutora de prácticas. Por otro lado, estar motivado me ayudó a pensar en maneras y formas de hacerles las clases teóricas más amenas a los estudiantes, y que disfrutarán en ellas. Obviamente, ser un profesor novato se ha notado, en especial en lo referente a gestionar los ritmos de la clase y tiempos de la clase, pero es verdad que tener el apoyo y presencia de la tutora de prácticas ayudaba a compensar esta carencia. En ocasiones ella intervenía de manera sutil en clase, para reconducir una explicación que se me hubiese hecho demasiado larga, o reformulaba una pregunta que había lanzado yo al aire, para que les fuese más sencilla de responder a los alumnos. Ese es el tipo de técnicas y maneras de actuar como docente que se van ganando con la experiencia, y me sirvieron para aprender mucho de cara al futuro.

## VII. CONCLUSIONES

Tras haber cursado el máster de profesorado, realizar las prácticas en el IES Ramón y Cajal y haber terminado este TFM, creo que soy más consciente de la realidad a la que se enfrentan a diario los profesores de Secundaria y Bachillerato, en una tarea que no siempre es agradecida, pero que es vital para formar a la generación del mañana.

La implementación de esta unidad didáctica fue una experiencia muy enriquecedora para mí, primero por ser de una temática que me gusta mucho, segundo porque he podido poner en práctica alguno de los conocimientos que he aprendido cursando el máster y tercero porque yo mismo he aprendido mucho durante las clases, en especial en aquellos aspectos en los que tengo que mejorar. He aprendido un montón, y lo que es mejor me he dado cuenta de que aún podría aprender mucho más, un instituto es una fuente constante de conocimiento sobre la vida, pero también sobre las personas.

Uno de los principales aprendizajes ha sido la gestión del tiempo, que es algo que, por quizás pecar de optimista, tiendo a subestimar. He podido comprobar de primera mano que, aunque la planificación inicial pueda parecer perfecta, siempre va a surgir mil imprevistos que requieren mucha flexibilidad y tener planes A, B, C, D y E. También he aprendido que, de cara a evaluar, es mejor tener instrumentos como las rúbricas, que te ayuden a poder ser más objetivo corrigiendo, ya que me he dado cuenta de lo fácil que es ser subjetivo en el instituto.

Diseñar y desarrollar actividades que integren diferentes metodologías, como el aprendizaje cooperativo o el enfoque basado en casos prácticos, me ha ayudado a comprender que es muy importante diseñar actividades que se adapten a las necesidades de tus alumnos y que hay estrategias que a veces no funcionan, y hay que probar otra diferente. Y por supuesto, que prepararlas para que funcionen bien lleva mucho trabajo, y a veces puede ser decepcionante si no salen como deseabas.

Para concluir, señalar que haber cursado el máster de profesorado ha sido una experiencia que en ocasiones me ha frustrado, pero que también me ha permitido aprender cosas muy útiles, siendo para mí lo más valioso la experiencia directa en el aula del instituto. Y me ha dejado claro que lo más importante si te dedicas a la docencia es poner siempre a tus alumnos en el centro, intentando hacerles siempre partícipes del aprendizaje y sobre todo preocupándote por ellos como personas. El resto de los aspectos irán de la mano si tienes esa actitud.

## VIII. AGRADECIMIENTOS

Tras haber terminado la redacción este trabajo de fin de máster, y con ello prácticamente el máster de profesorado, me gustaría dar gracias a Ana Teruel, por guiarme en el prácticum en el IES Ramón y Cajal, enseñarme un montón de cosas sobre el papel del profesor en las clases y fuera de ellas y mostrar entusiasmo con todas las actividades que le proponía. También me gustaría agradecer a Ángel Cortés, mi director de TFM, por sus consejos y ayuda, que han resultado muy útiles, y por su gran paciencia, habiéndome aguantado como tutorizado dos años y medio. Y por supuesto, gracias a todos los míos que me acompañan siempre.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

### Artículos de investigación

- Alcalá, L. (2016). Museo Aragonés de Paleontología (Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis). *ICOM CE Digital: Revista del Comité Español de ICOM* 13, 175-189.
- Archer, A. L., & Hughes, C. A. (2010). *Explicit instruction: Effective and efficient teaching*. New York, Guilford Publications.
- Aronson, E., Blaney, N., Stephin, C., Sikes, J., & Snapp, M. (1978). *The Jigsaw Classroom*. Beverly Hills, CA, Sage Publication.
- Gil Bazán, E. (2022). Enseñanza del concepto, datación y divisiones del periodo cuaternario en educación secundaria y su relación con la crisis climática actual. *e-CO: Revista digital de educación y formación del profesorado* 19, 122-135.
- Bermúdez, G.M.A (2015). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 66-90.
- Bookhagen, B., McLean, N., Buchwaldt, R., Rioux, M., Dudás, F., & Bowring, S. (2014). EARTH TIME: Teaching Geochronology to High School Students in the USA. In: Tong, V. (eds) *Geoscience Research and Outreach. Innovations in Science Education and Technology*, vol 21. pp 171–189, Dordrecht, Springer
- Bykerk-Kauffman, A. (1995). Using cooperative learning in college geology classes. *Journal of Geological Education*, 43(4), 309-316.
- Canudo, J. I. (2019). El Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza: valor didáctico y uso docente. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales* 96, 33-36.

- Dahl, R. M. (2018). *Student-Centered Teaching in Paleontology and Geoscience Classrooms*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003). Measuring student understanding of geological time. *Science education*, 87(5), 708-731.
- Fernández-Martínez, E., Fuertes-Gutiérrez, I., & Velasco, P. P. (2016). Las cintas del tiempo geológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 222-227.
- García, R., Traver, J. A., & Candela, I. (2001). *Aprendizaje cooperativo. Fundamentos, características y técnicas*. Madrid: CCS.
- ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya). (23 de enero de 2025). *Los cortes geológicos*. <https://www.icgc.cat/es/Mapes-i-geoinformacio/Publicacions/Atlas/Atlas-geologico-de-Cataluna/Los-cortes-geologicos>
- Jauregui, P. A., Goienetxe, R. M. A., & Vidales, K. B. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124.
- Johnson, D.W. y Johnson, R.T. (1991). *Learning together and alone: Cooperation, competition and individualization*. New Jersey. Prentice-Hall.
- Karacop, A. (2017). The Effects of Using Jigsaw Method Based on Cooperative Learning Model in the Undergraduate Science Laboratory Practices. *Universal Journal of Educational Research*, 5(3), 420-434.
- Martínez Fernández, E., & Suárez Andrés, J.L. (1998). Pon un fósil en tu vida ¡y sácale partido! (propuesta de recurso para el aprovechamiento didáctico de los fósiles). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6(2), 138-144.
- McConnell, D. A., Steer, D. N., & Owens, K. D. (2003). Assessment and active learning strategies for introductory geology courses. *Journal of Geoscience Education*, 51(2), 205-216.
- Pedrinaci, E., & Berjillos, P. (1994). El concepto del tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2, 240-251.
- Pérez-Pueyo, Á., Alcalá, D. H., Gutiérrez-García, C., & Garijo, A. H. (2019). Andamiaje y evaluación formativa: dos caras de la misma moneda. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje*, 5(2), 559-565.
- Rivero Taravillo, F.J. (2016). Historia de la geología: el uniformismo escocés desde una perspectiva de la filosofía de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (1), 149-159.
- Sequeiros, L., Pedrinaci, E., & Ruiz, P. B. (1996). Cómo enseñar y aprender los significados del tiempo geológico: algunos ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4(2), 113-119.

Sequeiros, L., Pedrinaci, E., Suárez, R. M. Á., & de la Torre, E. G. (1997). Bicentenario de Charles Lyell (1795-1875). Consideraciones didácticas para educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1), 21-31.

Trillo, J.A.P. (2019). Fósiles para reconstruir y comprender la evolución en secundaria. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales* 96, 7-13.

Wood, D., Bruner, J. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.

#### Legislación

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE).

Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato.

Orden ECD/886/2024, del 25 de julio, por la que se modifica la Orden ECD/1173/2022, de 3 de agosto, por la que se aprueban el currículo y las características de la evaluación de Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

## **X. ANEXOS**

El acceso a los Anexos I, II y III puede realizarse a través del siguiente enlace:

[https://drive.google.com/file/d/1Yi-\\_eWDh-jO7vXBV\\_0e3AmB\\_A99Qb0eg/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1Yi-_eWDh-jO7vXBV_0e3AmB_A99Qb0eg/view?usp=sharing)