



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria,
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de
Idiomas

**Propuesta de Aula sobre los Fósiles como
Recurso Didáctico en Enseñanza Secundaria**

Autor: Ángel Luis Enríquez García

Tutor: Jaime Delgado Iglesias

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. JUSTIFICACIÓN.....	4
3. OBJETIVOS	5
3.1 Objetivos generales del Trabajo de Fin de Máster.....	5
3.2. Objetivos específicos del Trabajo de Fin de Máster	5
3.3 Hipótesis.....	6
4. CONTENIDOS	7
5. FUNDAMENTO TEÓRICO	8
5.1 El estudio de los fósiles en secundaria.....	8
5.2 Ideas Previas en el campo de la paleontología	8
5.3 Los fósiles y la fosilización	10
5.4 La historia de la Tierra y las extinciones.....	12
5.5 Gamificación como medio docente.....	13
6. METODOLOGÍA.....	18
7. PROPUESTA DIDÁCTICA	21
7.1 Objetivo y contenido de la propuesta.....	21
7.2 Materiales necesarios para llevar a cabo la propuesta.....	21
7.3 Competencias	22
7.4 Cuestionario de ideas previas	23
7.5 Actividad de Gamificación: Enunciado y puestos de trabajo.....	23
8. DATOS Y RESULTADOS.....	26
8.1 Datos y resultados extraídos del cuestionario de ideas previas	26
8.2 Resultados de la actividad práctica	32

8.3 Datos y resultado de la evaluación de 4º ESO	35
9. INTERPRETACIÓN.....	37
9.1 Interpretación de los resultados del cuestionario de ideas previas	37
9.2 Interpretación de los resultados de la sesión práctica	41
9.3 Interpretación de los resultados de la evaluación	42
10. CONCLUSIONES	43
11. REFLEXIÓN.....	45
12. BIBLIOGRAFÍA	46
13. ANEXOS.....	52
14. ICONOGRAFÍA	72

RESUMEN

El estudio de la Geología en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato es esencial para que los alumnos sean capaces de comprender el mundo que les rodea, entendiendo los procesos que se están produciendo a su alrededor y ofreciendo la oportunidad de que estos sean capaces de desenvolverse con éxito en la sociedad. Además, va a ser la base sobre la cual se van a estatuir múltiples estudios posteriores, por lo que, ante la falta de tiempo ofrecida por el currículo, es imprescindible llevar a cabo actividades eficaces que asienten los conceptos explicados.

En este trabajo se ha elaborado una propuesta didáctica para la enseñanza de los fósiles en clase, basada en el sistema de gamificación, y se han recogido datos, mediante un cuestionario, que han sido procesados mediante un análisis estadístico simple.

La gamificación es la aplicación de la mecánica del “juego” a otros entornos más formales, como el educativo. Esta metodología ofrece una serie de ventajas, como fomentar la motivación del alumnado y atraerle hacia el estudio de las ciencias, lo que la convierte en una herramienta extraordinaria para su empleo en las aulas.

Los datos recogidos han permitido detectar nociones erróneas en los conceptos de: fósil (al entenderlos únicamente como restos óseos/calcáreos), tiempo geológico (indicando el paleolítico como una era terrestre), extinción masiva (al definirla como una consecuencia de las guerras o que afectan a una única especie) y relativos a los dinosaurios (los alumnos ofrecían explicaciones alternativas a la causa de extinción, al pariente más cercano y a la morfología de las especies propuestas).

Además, ha quedado reflejado como la mayoría de los alumnos no habían estudiado nada relativo a fósiles desde Educación Primaria, a lo que se suma que ninguno ha visto nunca físicamente un fósil en clase.

Tras llevar a cabo la propuesta didáctica, los alumnos mejoraron sus conocimientos de fósiles, historia geológica y estratigrafía, tal y como demuestra la prueba de evaluación final, donde la mayoría de las calificaciones de los alumnos oscilaban entre el 8 y el 9,5.

Por tanto, se puede comprobar como existe una mejoría tras realizar la actividad propuesta, corroborándose la hipótesis propuesta en este trabajo.

Palabras clave: Fósiles, Gamificación, Propuesta Didáctica.

ABSTRACT

The study of Geology in Secondary Education and High School is essential for students, in order to be able to comprehend the world around them, understanding the processes that are occurring on their environment and offering the opportunity to be able to live successfully in society.

Moreover, this knowledge is going to be the basis on which multiple subsequent studies will be based on, so, given the lack of time offered by the curriculum, it is essential to carry out effective activities that establish the concepts explained.

In this work, a didactic proposal for teaching fossils in the classroom has been developed, based on gamification system, and data have been collected by using a questionnaire, which has been processed by a simple statistical analysis.

Gamification is the application of "game" mechanics to other more formal environments, such as education. This methodology offers a number of advantages, such as fostering student motivation and attracting them to the study of science, which makes it an extraordinary tool to use at classroom.

The data collected have allowed us to detect erroneous notions in the concepts of: fossil (understanding them only as bone/calcareous remains), geological time (indicating the Palaeolithic as a terrestrial era), mass extinction (defining it as the result of wars or affecting a single species) and dinosaurs (students offered alternative explanations to the cause of extinction, the closest relative and the morphology of the species proposed).

In addition, it is clear that most of the pupils had not studied anything related to fossils since primary school, and that none of them had ever physically seen a fossil in class.

After carrying out the didactic proposal, the students improved their knowledge of fossils, geological history and stratigraphy, as can be seen in the final evaluation test, where most of the pupils' marks ranged between 8 and 9.5.

Therefore, it can be seen that there is an improvement after carrying out the proposed activity, corroborating the hypothesis proposed in this work.

Keywords: Fossils, Gamification, Didactic Proposal.

1. INTRODUCCIÓN

La Geología es un pilar fundamental en el que se sustenta la sociedad tal y como la conocemos actualmente (Sociedad Geológica de España, 2020). Sin ella, la vida que llevamos no sería posible, dado que, muchos de los objetos que se usan de forma cotidiana, llevan elementos obtenidos gracias al estudio y explotación de los recursos de la Tierra (The Geological Society, 2015).

Además, esta ciencia permite estudiar el pasado, para resolver incógnitas y prepara a la sociedad para el futuro.

Este pasado, se estudia habitualmente mediante el análisis de los registros fósiles, los cuales aportan datos no solo de la existencia del ser vivo en cuestión sino de su evolución, cadenas tróficas y de los motivos de su extinción (Fernández-López, 2000).

Todo esto ofrece información sobre el posible futuro que puede aguardar, de forma general, a los seres vivos y, de forma específica, a la especie humana, permitiendo a esta adaptarse e investigar formas de prevenir estos fenómenos (Duarte et al, 2006).

Dada la importancia que tiene la geología y, en concreto, el estudio de los fósiles, es imprescindible que esta se imparta en Educación Secundaria, ya que, además, su aprendizaje no solo contribuye a la alfabetización científica de la sociedad, sino que favorece la concienciación ambiental y el respeto de los parajes naturales, así como el despertar del espíritu crítico, el análisis de información geológica o la profundización en otros temas como la evolución o el origen de la vida (Rodríguez, 2021).

Sin embargo, muchas veces esta parte del temario queda relegada a un segundo plano bien por falta de tiempo o bien por explicarse en el último tramo del trimestre (Real Sociedad Española de Historia Natural, 2022). Esto supone privar a los estudiantes de conocimientos esenciales para que se desenvuelvan con éxito en la sociedad.

Dada la relevancia que tiene esta parte del temario, es esencial llevar a cabo sesiones eficaces que asienten los conceptos explicados.

Según la pirámide del aprendizaje de Cody Blair, los alumnos solo recuerdan un 5% de lo que escuchan, mientras que si realizan actividades prácticas su capacidad de recepción aumenta hasta un 75% (Gil, 2010).

2. JUSTIFICACIÓN

Según la Real Sociedad Española de Historia Natural en su artículo titulado: “Situación de la enseñanza de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) en la Educación Secundaria en España”, afirma que existe un “alarmante descenso de la formación científica de los estudiantes”, lo que desemboca en la “desalfabetización científica de la sociedad”

Por otra parte, el Instituto de Geociencias, en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y el Centro Superior de Investigaciones Científicas, afirma que es necesaria “una presencia adecuada de la Geología en el Sistema Educativo Español, equivalente al resto de Ciencias Básicas” para ajustarse a las necesidades legislativas (Instituto de Geociencias, 2021).

Las exigencias propugnadas por los científicos y en especial por los geólogos, se han recogido en diversos medios de comunicación. El Heraldo de Aragón (2022), recoge en su artículo “Geología y Mala Educación”, la falta de formación en este ámbito y la pérdida de alfabetización de ciencias en los últimos años.

Todo lo anterior se traduce en que, los alumnos, al finalizar bachillerato, carecen de múltiples conocimientos relacionados con la geología, en general, y con los fósiles en particular (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 2017). Con relación a esta preocupante realidad, una treintena de asociaciones firmaron un manifiesto en 2021 en defensa de la geología en las aulas, entendiendo que dicha ciencia es básica y que, por ende, debe ser impartida y apoyada por las instituciones públicas (Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2021).

Bernat Morey, paleontólogo, investigador y escritor, en su entrevista concedida al diario *Última Hora*, afirma “Nací sobre fósiles y nadie me los explicaba, y eso sigue ocurriendo”.

Por todo lo anterior, en este trabajo se pretende responder a la problemática circundante que envuelve al tema, conocer de qué punto de conocimiento parten los estudiantes y ofrecer una propuesta de estudio de los fósiles que resulte atractiva y llamativa para los alumnos.

Además, se pretende ofrecer una mayor visibilidad a esta temática, incentivando futuros trabajos al respecto, para lograr poco a poco, la concienciación de la sociedad en la necesidad del estudio de la geología, en general, y de los fósiles, en particular.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos generales del Trabajo de Fin de Máster

De forma general y dentro del ámbito de la Formación del Profesorado, con este trabajo se pretende desarrollar una serie de capacidades habilitantes que permitan el desempeño eficaz de la profesión docente. Entre estos objetivos, recogidos en la guía docente de la asignatura, destacan:

- Predecir y solucionar problemas reales prácticos, tomando decisiones fluidas.
- Emplear de forma inteligente y eficaz los conocimientos teóricos y prácticos aprendidos a un problema determinado.
- Organizar y construir un proyecto, desde el reconocimiento del problema, la planificación de la estrategia de resolución, la realización de los aspectos prácticos y la interpretación de los resultados.
- Fabricar informes científicos estructurados y redactados.
- Divulgar correctamente un trabajo de forma oral, utilizando los medios audiovisuales más habituales.

3.2. Objetivos específicos del Trabajo de Fin de Máster

De forma específica y teniendo en consideración que este trabajo se aplica a los alumnos de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato de Biología y Geología, los objetivos a los que se trata de dar respuesta son los siguientes:

1. Analizar de qué idea parten los estudiantes de Educación Secundaria y Bachillerato sobre los fósiles (ideas y conocimientos previos).
2. Identificar cuándo ha sido la última vez que han estudiado los fósiles en el ámbito académico.
3. Elaborar una propuesta didáctica que permita acercar a los alumnos al mundo de la geología, en general, y al de los fósiles, en particular.

4. Interpretar los resultados obtenidos en la evaluación, analizando el porcentaje que supone la parte de fósiles en relación con el resto del examen.
5. Ofrecer mayor visibilidad al campo de la geología incidiendo en la importancia que supone para la alfabetización de la sociedad.
6. Transmitir conocimientos sobre estratigrafía e historia geológica.

3.3 Hipótesis

En este contexto, la hipótesis a la que se pretende dar respuesta en este trabajo es la siguiente: El alumnado mejora sus conocimientos sobre paleontología después de implementar la propuesta didáctica.

4. CONTENIDOS

En la **Tabla 4.1** se encuentran los contenidos, estándares de aprendizaje y criterios de evaluación que deben estar en el currículo de acuerdo con la legislación de Castilla y León (Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria y Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato) y que, por tanto, se trabajan en esta propuesta.

Tabla 4.1. Contenidos, estándares de aprendizaje y criterios de evaluación según la legislación.

Contenidos	Estándares de aprendizaje	Criterios de evaluación
<p>La historia de la Tierra. El origen de la Tierra. El tiempo geológico: ideas históricas sobre la edad de la Tierra. Principios y procedimientos que permiten reconstruir su historia. Utilización del actualismo como método de interpretación. La edad de la Tierra. Métodos de datación. Importancia geológica de los fósiles. Interpretación de columnas estratigráficas sencillas y perfiles topográficos. El tiempo geológico: ubicación de los acontecimientos geológicos y biológicos importantes.</p>	<p>Identifica y describe hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante, relacionándolos con los fenómenos que suceden en la actualidad. Reconstruye algunos cambios notables en la Tierra, mediante la utilización de modelos temporales a escala y reconociendo las unidades temporales en la historia geológica. Resuelve problemas simples de datación relativa, aplicando los principios de superposición de estratos, superposición de procesos y correlación. Discrimina los principales acontecimientos geológicos, climáticos y biológicos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la tierra, reconociendo algunos animales y plantas características de cada era. Relaciona alguno de los fósiles guía más característico con su era geológica.</p>	<p>Reconocer, recopilar y contrastar hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante. Registrar y reconstruir algunos de los cambios más notables de la historia de la Tierra, asociándolos con su situación actual. Interpretar cortes geológicos sencillos y perfiles topográficos como procedimiento para el estudio de una zona o terreno. Categorizar e integrar los procesos geológicos, climáticos y biológicos más importantes de la historia de la tierra. Reconocer y datar los eones, eras y periodos geológicos, utilizando el conocimiento de los fósiles guía.</p>

5. FUNDAMENTO TEÓRICO

5.1 El estudio de los fósiles en secundaria

Como se ha visto en apartados anteriores, el estudio de los fósiles no siempre se realiza en Educación Secundaria y Bachillerato.

Sin embargo, según la legislación vigente en Castilla y León (Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, y Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo) el estudio de los fósiles es un contenido básico que forma parte del currículo y, por ende, debe ser impartido, tanto en 4º de la ESO como en 1º de Bachillerato.

Esta normativa establece que los alumnos tienen que, al finalizar su periodo escolar, poder comprender y explicar conceptos como el de tiempo geológico, el de fósil y fósil guía, la fosilización y extinciones masivas.

Como se puede ver, son numerosos los conocimientos que dejan de adquirir los alumnos si el profesorado no imparte esta parte y muchos de ellos son útiles para poder explicar otros aspectos y facilitar así su comprensión, como puede ser el concepto de evolución o de adaptación.

5.2 Ideas Previas en el campo de la paleontología

Las ideas previas son aquellas respuestas espontáneas que ofrecen los estudiantes, ante preguntas concretas, y que pueden coincidir o no con la explicación que ofrece la ciencia (Sánchez, 2018).

En el ámbito científico, estas ideas proceden de la escuela media superior, los medios de comunicación y en menor cuantía en la vida diaria (Hernández et al., 2006).

Estas ideas previas pueden suponer una dificultad a la hora de que el alumno adquiera conocimientos nuevos, dado que, en muchas ocasiones existe un conflicto entre los conceptos nuevos impartidos y los antiguos subyacentes.

En el ámbito del estudio de los fósiles, las ideas previas más frecuentes que suelen acarrear los alumnos son bastante diversas, siendo unas más acertadas que otras. Estas ideas muchas veces se encuentran ligadas a la complejidad de los conceptos a explicar.

Las ideas más frecuentes con relación al estudio de los fósiles son:

1. En el concepto de fósil, los alumnos suelen entenderlos como restos duros u óseos atrapados por la roca o incluso por lava. La mayor dificultad que presentan los alumnos para la comprensión de este término es el hecho de imaginarse a la Tierra como un sistema dinámico, donde los continentes se mueven y quedan sumergidos bajo los océanos (González, 2016).
2. El tiempo geológico. La mayor dificultad de este concepto radica en que la escala temporal utilizada en Geología no corresponde a las escalas utilizadas habitualmente por los alumnos (Ruiz y Pedrinaci, 2015). A veces es complicado que los alumnos entiendan el paso del tiempo en millones de años o que valoren el efecto acumulativo de los diferentes procesos geológicos (González, 2016).
3. Las extinciones. Los alumnos no entienden de forma clara el fenómeno de extinción, asociándola a conceptos que han escuchado o a fuertes explosiones. Según un estudio (Muñoz, 2020), los alumnos asocian este fenómeno al Big-Bang, a la glaciación, a cambios en la atmósfera terrestre o a explosiones.

Para terminar este apartado, es prácticamente obligatorio hacer mención del uso de las nuevas tecnologías, las cuales, poco a poco se están convirtiendo en la principal fuente de ideas previas (García, 2020).

En el ámbito de la paleontología, una de las principales fuentes de ideas previas es la película de *Jurassic Park*. Esta película supuso la introducción de conceptos erróneos con relación a esta ciencia, que pasaron a formar parte de forma inherente a la cultura general. El hecho de repetir de forma continuada conceptos erróneos hizo que estos se acentuaran en la sociedad, quedando patentes hasta nuestros días (Grilli, 2016).

Un ejemplo de estas ideas erróneas es la visualización de los *Velocirraptores* como dinosaurios de estatura similar o superior a la de un humano, sin plumas y con comportamiento gregario. Actualmente, se considera que estos dinosaurios presentaban una estatura media no superior a un metro, tenían plumas y su comportamiento era más parecido al de un carroñero que al de feroces cazadores, tal y como se muestra en las películas (Norell et al., 1997; 1999).

Sin embargo, esto también permitió una oportunidad única para trabajar esta temática en las aulas, permitiendo a los alumnos desmontar las teorías propuestas por la ciencia ficción y la fantasía.

Estas ideas previas son la base sobre la cual trabajan diferentes teorías psicológicas, como el constructivismo.

De forma breve, esta teoría defiende que el individuo es una construcción que se va produciendo día a día, siendo ésta fruto de los esquemas que uno posee (ideas previas) que se van modificando en la medida que el individuo comienza a interactuar con otras personas o situaciones que le hacen cuestionarse esas ideas iniciales (Carretero, 1997).

Este constructivismo, a su vez, sustenta otras estrategias de enseñanza, como es la gamificación (Guevara, 2018), teoría sobre la cual va a versar este trabajo.

5.3 Los fósiles y la fosilización

Una vez vistas las ideas previas que pueden arrastrar los alumnos, es necesario aclarar algunos conceptos para facilitar su posterior comprensión.

La palabra fósil procede del latín y viene a significar “cosa desenterrada”, y la ciencia que estudia estos se denomina Paleontología (Vicens y Oms, 2001).

Los fósiles se conocen desde la antigüedad y se llevan estudiando desde tiempos inmemoriales, sin embargo, de una forma diferente a la que conocemos actualmente.

En el pasado, se pensaba que los fósiles eran amuletos con propiedades mágicas o restos de criaturas mitológicas como los cíclopes (Sour y Quiroz, 2004). Sin embargo, los tiempos cambian y actualmente se sabe que pertenecían a seres vivos del pasado, que una vez existieron, pero que, por diferentes causas, desaparecieron.

Por todo esto, los fósiles pueden definirse como restos de seres vivos y de su actividad biológica. Incluyendo también en esta definición a los moldes u otros elementos conservados en rocas sedimentarias y/o pizarras (Ministerio de Educación, 2022).

Por tanto, un fósil va a ser tanto un resto calcáreo dejado por un ser vivo, como una huella (icnofósiles) o las heces (coprolitos), entre otros muchos. Sin embargo, frecuentemente, a consecuencia de las influencias de los medios de comunicación o películas, se confunde el término de fósil, limitándolo exclusivamente a restos óseos remineralizados, como se ha visto reflejado anteriormente.

Y es que, hay casos en los que se mantiene el ser vivo completo, como sucede con los invertebrados conservados en ámbar, los mamuts congelados de Siberia, o animales y plantas hundidas en fondos de zonas pantanosas (Ministerio de Educación, 2022). En

estos casos, la conservación se produce por un proceso de enterramiento rápido y anaerobiosis lo que favorece su preservación (Junta Andalucía, 2013), proceso bastante diferente al de fosilización tradicional.

En definitiva y de forma general, el proceso por el que se originan los fósiles se denomina fosilización, aunque como se ha visto anteriormente pueden existir otros métodos de conservación.

Profundizando en el proceso de fosilización, en primer lugar, tras la muerte del organismo, este va a precipitar al fondo de una cuenca sedimentaria, donde van a desaparecer las partes blandas. Una vez estas partes han desaparecido y los restos se encuentran en el fondo de dicha cuenca, estos van a verse cubiertos por capas de sedimentos. En función de la composición de estas capas puede producirse el proceso de fosilización o, por el contrario, formarse moldes.

En función de la composición del terreno y del material depositado, la fosilización puede producirse por (Junta Andalucía, 2013):

- Carbonatación: Muy frecuente por la abundancia de carbonato cálcico tanto en las rocas sedimentarias como en las conchas y caparazones de muchos invertebrados.
- Carbonificación: Mecanismo de fosilización principal de organismos ricos en carbono como las plantas y los exoesqueletos quitinosos de los artrópodos.
- Silicificación: En terrenos ricos en sílice, el carbono estructural se sustituye por este compuesto.
- Piritización: La materia orgánica se sustituye por marcasita o piritita debido a la sedimentación en condiciones anaerobias. Se originan fósiles brillantes, estables y bien conservados.
- Fosfatización: Mecanismo de fosilización muy frecuente para huesos de vertebrados. Producto de la combinación del fosfato cálcico con el carbonato cálcico del terreno.

Por tanto, es importante remarcar a los estudiantes que los fósiles no son solo restos calcáreos de organismos, sino que también pueden ser huellas, moldes, heces... Y que aparte del proceso de fosilización habitual existen otras formas de conservar restos de seres vivos antiguos.

Esta gran variabilidad mecanismos de conservación permiten a los científicos extraer conclusiones concisas sobre las condiciones de vida en el pasado.

La identificación de los fósiles no es algo baladí, dado que en ciertas ocasiones pueden aparecer fracturados o dañados dificultando dicha tarea. A esto se le suma la similitud macroscópica que puede existir entre ejemplares, dificultad agravada en aquellos ojos que sean inexpertos, como el de los estudiantes de Secundaria y Bachillerato.

Para facilitar esta tarea, los paleontólogos cuentan con una serie de fósiles guía que permiten ubicar ciertas especies y organismos.

Algunos de estos fósiles son los denominados como fósiles guía o índice y fósiles facies. En primer lugar, se denomina fósiles guía a aquellos que son muy característicos de un intervalo temporal concreto de la historia de la Tierra (Casado et al, 2020). Un ejemplo de este tipo de fósiles es el *Trilobites*.

No obstante, a pesar de la dificultad intrínseca de este tema, es un campo que suele generar bastante curiosidad a los alumnos, especialmente los relativos a los dinosaurios (BBC, 2018).

5.4 La historia de la Tierra y las extinciones

Como se ha visto anteriormente, otro concepto en el que presentan dificultad los estudiantes es en el de Tiempo Geológico.

El Tiempo Geológico recoge todos los procesos geológicos que han tenido lugar desde que la Tierra se creó (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2022). De forma general, este tiempo suele recogerse en forma de tabla cronoestratigráfica para su manejo.

Estas tablas clasifican el tiempo en diferentes apartados en función de diversos fenómenos. De tal forma que, según Tabla Cronoestratigráfica Internacional, basada en la Guía Estratigráfica Internacional de Hedberg (1980), se presentan las siguientes agrupaciones, unidades cronoestratigráficas o cronológicas:

- Eonotema/Eón
- Eratema/Era
- Sistema/Periodo
- Serie/Época
- Piso/Edad

De esta manera un eón estaría conformado por varias eras, las cuales estarían, a su vez, constituidas por periodos.

De forma breve, los eones existentes son 3 (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2022):

- Arcaico (entre 4 000 millones de años y 2 500 millones de años)
- Proterozoico (entre 2 500 millones de años y 542 millones de años)
- Fanerozoico (entre 542 millones de años y 0 millones de años; la actualidad)

Los dos primeros eones se agrupan bajo el nombre de Precámbrico, dado que, se sitúan antes del periodo denominado como Cámbrico, primer periodo del eón Fanerozoico.

Este último eonotema, a su vez, se encuentra dividido en 3 eras:

- Paleozoico
- Mesozoico
- Cenozoico

La organización posterior de periodos, épocas y edades pueden consultarse en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, elaborada y actualizada por la Comisión Internacional de Estratigrafía (**Anexo 1**).

Todas estas divisiones y subdivisiones dificultan la tarea de aprendizaje del alumno, dado que son conceptos con los que no se encuentran familiarizados.

Otro de los aspectos que originan confusión en los alumnos es el de extinción masiva, es decir, la pérdida de un elevado porcentaje de especies (entre el 70 % y 95 % de las mismas), géneros y familias, incluso órdenes, a nivel global o en áreas geográficas muy extensas y durante un período de tiempo geológico relativamente corto (Muñoz, 2020).

En relación con lo expuesto anteriormente, los alumnos suelen tener una visión más antropocéntrica del proceso, teniendo en cuenta únicamente el volumen que ocupa la especie extinta y no el número de especies perdidas en el proceso.

5.5 Gamificación como medio docente

Por todo esto, es necesario desarrollar experiencias concretas que favorezcan la clarificación y el orden de estos conceptos, así como una actividad que permita acercar a los alumnos al mundo laboral y real en que se mueven los paleontólogos.

No es fácil diseñar actividades que aúnen todo lo anterior y que, en ellas, además, se trabajen las competencias.

Sin embargo, gracias a la gamificación se puede lograr aproximarse a este objetivo.

La palabra gamificación nació en 2002 de la mano de Nick Pelling (Cornellà et al., 2020), sin embargo, no fue hasta finales de 2011 cuando cobró una mayor relevancia en el aprendizaje.

La gamificación puede definirse como *“la utilización del pensamiento o las mecánicas del juego en entornos de “no juego”, es decir, en entornos serios, como puede ser la empresa, la salud o la educación”* (Jiménez, 2016).

En el contexto educativo supone incorporar mecánicas, dinámicas y estéticas de juego en entornos de aprendizaje (Cornellà et al., 2020). Con esto lograremos que los alumnos se inmerjan en la actividad que estén realizando, de la misma manera que lo hacen cuando están jugando.

Recordemos que la capacidad de retención de información de los alumnos se favorece cuando estos pueden manipular objetos y se sienten parte de la actividad realizada, mientras que, según el cono de Dale, si solo escuchan o leen, dicha capacidad se reduce drásticamente (Anderson, 2018).

Sin embargo, no toda actividad de gamificación es efectiva, sino que esta debe reunir una serie de condiciones y, cuantas más reúna, más atraerá a los alumnos. Las actividades de gamificación pueden incluir los siguientes aspectos (Cornellà et al., 2020):

- ✓ **Diversión:** Es decir, que los alumnos disfruten de la actividad que están realizando, tanto como si estuvieran jugando entre ellos en su casa o en el patio. Esto favorecerá que estén atentos a la tarea y que no se disperse su interés.
- ✓ **Motivación:** Las actividades que se planteen deben ser motivadoras e invitar al alumno a seguir trabajando para resolverlo. Por esto es necesario evitar actividades muy difíciles o poco estimulantes, dado que, en estos casos, el alumno va a cansarse y dejar de realizar la actividad.
- ✓ **Narrativas:** Si el ejercicio que les planteamos sigue una narrativa como un caso al que tengan que dar respuesta o un misterio, se logrará una mayor atracción e interés por la actividad.

- ✓ Emociones: Este apartado considera que las experiencias planteadas podrían despertar en los estudiantes una serie de emociones positivas entre las que se encuentran curiosidad, creatividad, sorpresa, alivio, alegría, satisfacción, emoción, orgullo, asombro y admiración o amor.
- ✓ Progreso: Este punto se refiere a que la actividad debe tener una evolución, de la cual los alumnos sean conscientes y, donde el profesor, pueda ser partícipe y herramienta clave para orientar y solucionar dificultades.
- ✓ Diversidad: No todos los alumnos son iguales y no todos juegan igual, por lo que es interesante plantear actividades variadas que atiendan a las necesidades de todos los estudiantes. Para contribuir a desarrollar este punto pueden adaptarse medidas como hacer uso de roles, logros o dejar un intervalo abierto donde cada uno se sitúe en el lugar que desee.
- ✓ Tecnología: Este factor puede ayudarnos a mantener el interés de la clase o a incluir elementos disruptores que nos permitan cambiar el rumbo a una actividad. Sin embargo, no debe pensarse que solamente se pueden realizar actividades de gamificación si hay tecnología de por medio. Estos elementos serán herramientas a la disposición del profesor para utilizarlas o no, pero no son sustitutivas de la labor docente.

Por todo lo anterior, la gamificación presenta ciertas ventajas en comparación a otros métodos de enseñanza, como son:

- Claro efecto motivador en los alumnos: Según un estudio llevado a cabo por la Universidad de Castilla La Mancha (Pérez y Gértrudix, 2021), la motivación es el factor más estudiado de los efectos beneficiosos de este método. Los alumnos se sienten atraídos por este tipo de actividades y se implican más, por lo que se considera la principal ventaja de la gamificación con respecto a otros estilos.
- El compromiso: Muy relacionado con la motivación y el interés de los alumnos. Si los alumnos se mantienen atentos en la actividad, disminuye su tendencia a abandonar las tareas o a no realizarlas.
- Cohesión grupal: Si la actividad es realizada en grupo, sus integrantes mejoran el vínculo existente entre ellos, dado que, de su unión depende que la actividad salga adelante o de obtener las recompensas de terminar el juego (Pérez y Gértrudix, 2021).

- Rendimiento académico: Según varios estudios, el efecto sobre el rendimiento académico depende en gran medida del tipo de alumnado, dado que, no todos son iguales y no todos van a responder de la misma forma a estas actividades (Pérez y Gértrudix, 2021). Sin embargo, según un estudio llevado a cabo por la Universidad de Las Palmas, en el que tienen en cuenta una muestra de 32 estudiantes, concluyen que se ha visualizado un efecto beneficioso de la gamificación sobre el rendimiento académico de los alumnos participantes (Paciente, 2018)

Relacionando la gamificación con la geología, según una experiencia divulgativa realizada por la Universidad Autónoma de Madrid (2021) en los yacimientos de Las Hoyas (Cuenca) y Somosaguas (Madrid), se comprobó que la gamificación permitía motivar y facilitaba el aprendizaje de los participantes, así como de asociación de conceptos complejos sin el mayor esfuerzo.

Además, comprobaron que muchos de los niños participantes mostraban interés en estudiar algo relacionado con este campo tras realizar las actividades, por tanto, la gamificación sirvió para despertar nuevas vocaciones. También permitió, que los asistentes adultos se interesasen por los descubrimientos y las futuras actividades de difusión del yacimiento.

Las actividades de gamificación realizadas en esta experiencia fueron: *¿Quién es quién?* y *Escape Room* (Royo-Torres et al., 2021).

Actualmente, las actividades que implican el uso de una mecánica de juego están siendo utilizadas por las asignaturas científicas para atraer jóvenes hacia este campo. La reducción de horas lectivas en el currículo ha ocasionado que parte de este no pueda impartirse, por lo que se corre el riesgo de perder grandes geólogos o paleontólogos en un futuro.

En un estudio llevado a cabo por la Universidad de Murcia (2018) se trabajó con 1500 estudiantes de secundaria, a los que se les preguntó sobre sus aspiraciones futuras y si consideraría ser científicos, realizando posteriormente un ejercicio de gamificación y repitiendo la encuesta.

Antes de realizar la actividad, solo el 9,39% de los encuestados consideraba estudiar o dedicarse a una profesión que tuviera relación con la ciencia, mientras que, al finalizar la actividad, este porcentaje ascendió hasta un 34,16%.

Por esto, desde las universidades y asociaciones defensoras de las ciencias han desarrollado diferentes herramientas para intentar atraer a más estudiantes a este campo. Una de estas herramientas es el “BetterGeo” un videojuego basado en el Minecraft, considerado como el juego para ordenadores más popular. Esta versión otorga al videojuego original una percepción más realista, dado que, los jugadores podrán extraer recursos minerales de zonas geológicas concretas utilizando términos y conocimientos científicos (Westrin et al., 2020).

Otras herramientas diseñadas son: “Evolutionary” (un juego de rol para explicar la evolución y los fósiles en el aula) (Sanz-Pérez et al., 2020) y “Geobrary” (una aplicación para dispositivos móviles diseñada por la Universidad de Huelva que facilita la identificación de fósiles, rocas y minerales) (Santos et al., 2021).

Todas ellas para lograr, no solo atraer a los alumnos a las ciencias, sino que también para cumplir con todas las ventajas que este tipo de actividades supone, tanto en el rendimiento académico como en su desarrollo personal y psicológico.

6. METODOLOGÍA

Este Trabajo de Fin de Máster consiste en una propuesta de intervención e investigación que se implementó en el aula de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

Para la intervención se utilizó el método de la gamificación y para la investigación se realizó un análisis estadístico simple.

La propuesta está dirigida a los alumnos de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato, siendo las características de los grupos las que se exponen a continuación:

- El grupo de secundaria está compuesto por 18 alumnos, de los cuales ninguno requiere atenciones especiales, ni adaptaciones curriculares.
- El grupo de Bachillerato, por su parte, está compuesto por 10 alumnos y, al igual que en el caso anterior, ninguno presenta necesidades especiales.

Teniendo en cuenta las características expuestas anteriormente, en primer lugar, se realiza un cuestionario para recabar información en ambos cursos sobre las ideas previas presentes en el alumnado.

El formulario (**Anexo 2**) es un documento de elaboración propia tras la lectura y estudio de otros formularios, como los tres que se disponen a continuación:

- Cuestionario sobre la Actividad “*Los Fósiles De Tu Ciudad*” elaborado por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada (2010).
- “*¿Cuánto sabes de paleontología?*” elaborado por la revista de divulgación Muy Interesante.
- Estudio publicado en la revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra sobre el concepto de fósil en Educación Primaria. (Ceballos et al., 2019)

Para la realización del cuestionario, los alumnos disponen de un tiempo de unos 10-15 minutos. En el apartado de datos se podrá visualizar los resultados obtenidos, procesados mediante un análisis estadístico simple.

A partir de este punto, la metodología realizada en ambos cursos difiere significativamente.

Comenzando por 4º de la ESO, tras realizar la explicación teórica de los temas concernientes a los fósiles, se procede a desarrollar una actividad de identificación mediante gamificación.

En dicha actividad, los alumnos deberán identificar los ejemplares que se les propongan, entre los que habrá físicos y láminas (**Anexo 3**), asociarlos a fotografías (**Anexo 4**) de recreaciones de estos y ordenarlos cronológicamente.

Por ejemplo, en caso de identificar un *Ammonites*, los alumnos tienen que encontrar la imagen que corresponde a como se veía este cefalópodo en la antigüedad y ubicarlo en la era en la que vivió.

Los ejemplares físicos presentes en cada puesto de trabajo se encuentran enumerados del uno al seis, mientras que las láminas se encuentran identificadas mediante una letra.

Para facilitar la tarea de identificación, se suministra una guía de elaboración propia (**Anexo 5**), realizada en base a los ejemplares disponibles en el instituto.

Por otra parte, para la organización cronológica, se suministra un cronograma elaborado por la Comisión Internacional de Estratigrafía (2021), pero modificado para que sea manipulable por los alumnos (**Anexo 6**).

La tarea se realiza en grupos, siendo en 4º de la ESO, cinco grupos, tres grupos de cuatro personas y dos grupos de tres. Los resultados obtenidos por los estudiantes se reflejarán en la hoja de resultados que se les facilite (**Anexo 7**).

Para realizar la actividad de gamificación los alumnos disponen de 50 minutos. Tras la misma, se procede a realizar la exposición de los resultados obtenidos al resto de grupos durante un tiempo estimado de otros 50 minutos.

Una vez acabada, se realiza una prueba de evaluación para comprobar la evolución del alumnado y la eficacia de las actividades realizadas. Esta consistió en una prueba final escrita (**Anexo 8**) dónde se puso a prueba el conocimiento adquirido por los alumnos, no solo de la actividad de fósiles, sino de toda la parte del temario impartida hasta el momento. Por tanto, dicho examen contenía una parte trabajada mediante gamificación y otra trabajada sin aplicar esta mecánica.

En 1º de Bachillerato, por otra parte, la actividad llevada a cabo se invierte, realizando en primer lugar la actividad de identificación por gamificación y, posteriormente, la

explicación teórica. En este curso, los grupos para realizar la actividad serán cinco equipos de dos personas cada uno, los cuales se repartirán entre los distintos puestos de trabajo.

En este caso no se cuenta con una prueba cuantitativa de evaluación que refleje la evolución del alumnado.

Teniendo en consideración esa diferencia, la actividad en Bachillerato se ejecuta de forma similar, a excepción del cronograma, donde se les permite hacer uso de materiales de consulta para llevar a cabo su realización.

7. PROPUESTA DIDÁCTICA

Según la metodología explicada en el apartado anterior, la propuesta didáctica llevada a cabo es la identificación de fósiles por medio de la gamificación.

7.1 Objetivo y contenido de la propuesta

Los objetivos de la propuesta didáctica son:

1. Acercar a los alumnos al ámbito de la geología, en concreto al estudio de los fósiles.
2. Poner a los alumnos en la piel de un paleontólogo, mediante la resolución de un supuesto práctico.
3. Desarrollar destrezas en el alumnado para que estos manipulen, clasifiquen e identifiquen ejemplares físicos.
4. Explicar la historia de la Tierra mediante el análisis de los registros fósiles, ordenando los ejemplares cronológicamente y ubicándolos en sus eras correspondientes.
5. Despertar el interés en los alumnos por la geología y ofrecerles una posible salida laboral.

A su vez, se velará por el cumplimiento de los objetivos de etapa, tanto en la ESO como en Bachillerato, de acuerdo con el Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre en sus artículos 11 y 26 respectivamente.

Con relación a los contenidos, se tratarán aquellos dispuestos por la legislación en la Orden EDU/362/2015 y en la Orden EDU/363/2015, todos estos disponibles en la Tabla 4.1.

7.2 Materiales necesarios para llevar a cabo la propuesta

Para llevar a cabo la propuesta se hace uso de los siguientes materiales:

- ❖ Cuestionario de captación de ideas previas (**Anexo 2**).
- ❖ Ejemplares de fósiles físicos. Los fósiles manipulados por los alumnos formaban parte de la colección de fósiles del instituto, que, al ser bastante escasa, supuso una limitación en número de ejemplares por puesto de trabajo.
- ❖ Guía de elaboración propia en base a los ejemplares disponibles (**Anexo 5**).

- ❖ Láminas de fósiles de dinosaurios (**Anexo 3**).
- ❖ Hoja de respuestas (**Anexo 7**).
- ❖ Imágenes recreativas de los fósiles (**Anexo 4**).
- ❖ Cronograma mudo (**Anexo 6**).
- ❖ Tijeras.
- ❖ Celo/pegamento.
- ❖ Bolígrafo.

7.3 Competencias

1. Competencia lingüística: Los alumnos, al ser una tarea grupal, se verán obligados a comunicarse entre ellos, a lo que se le suma la exposición realizada al terminar la actividad.

2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: El trabajo de esta competencia es intrínseca al estudio de la asignatura de Biología y Geología, pero, además, se trabajará la competencia matemática por la adaptación del pensamiento del estudiante al tiempo geológico, ampliando su concepción de tiempo particular y fomentando el desarrollo del pensamiento abstracto.

3. Competencia digital: A los alumnos de 1º de Bachillerato se les permite el uso de medios digitales para realizar la búsqueda de información en la realización del cronograma.

4. Aprender a aprender: Según se realice la actividad, el alumno se realizará preguntas que deberá resolver mediante la escucha de los compañeros o el uso de medios de consulta, distribuyéndose el tiempo de forma adecuada para poder completar la actividad.

5. Competencias sociales y cívicas: Mediante el conocimiento de las normas básicas de comportamiento en el aula, de forma general, y de conductas respetuosas con el medio (como aquellas relativas al descubrimiento de fósiles), de forma específica.

6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor: El alumno será capaz de tomar las riendas de su aprendizaje y adquirir responsabilidad por medio de la realización de la actividad práctica, donde se verá sometido a una situación real concreta del mundo laboral, con impactos legales y penales.

7.4 Cuestionario de ideas previas

Como se ha indicado en el apartado de materiales, el cuestionario se encuentra en el **Anexo 2**.

Por ello, a continuación, se realiza una breve recopilación de las preguntas que lo componen. Estas son las siguientes:

1. ¿Qué es un fósil?
2. ¿Has visto alguna vez un fósil? ¿Dónde?
3. ¿Cuándo y dónde ha sido la primera vez que has oído hablar del concepto de fósil?
¿En la escuela habéis estudiado alguna vez los fósiles (en qué año/curso)?
4. Cita algún ejemplo de fósil que conozcas y dibújalo.
5. ¿Sabrías citar alguna era o periodo terrestre? ¿En qué era vivieron los dinosaurios?
6. ¿Cómo se extinguieron los dinosaurios? ¿Conoces alguna otra extinción masiva que haya ocurrido?
7. ¿Cuáles crees que son los parientes actuales más cercanos a los dinosaurios?
8. Dibuja y describe los siguientes individuos: *Velociraptor*, *Tyrannosaurus rex*, *Ammonites* y *Trilobite*. Puedes hacerlo en la parte posterior de esta hoja.

7.5 Actividad de Gamificación: Enunciado y puestos de trabajo

Tras la realización del cuestionario de ideas previas, la práctica comienza con el enunciado del siguiente supuesto:

“La policía ha capturado un ladrón que tenía en su poder una gran cantidad de restos históricos, entre los que se encuentran algunos fósiles. Estos fósiles han sido trasladados al museo más cercano, donde usted trabaja, para llevar a cabo la identificación de los mismos. El ladrón asegura que los fósiles son de un familiar que ha visitado un mismo yacimiento en el extranjero.

Por tanto, su misión es:

- ✓ Identificar los fósiles aportados por la policía.

- ✓ Relacionar cada fósil con la foto de su recreación viva.
- ✓ Ordenarlos cronológicamente, realizando un eje cronológico para verificar si proceden del mismo yacimiento.

Tras realizar la identificación, deberéis comunicar vuestros resultados al resto de la clase.”

En cada puesto de trabajo, los alumnos cuentan con:

- 5 fósiles físicos para manipular.
- 5 láminas de huesos de dinosaurios para identificar.
- Clave dicotómica.
- Hoja de respuestas.
- Imágenes recreativas de seres vivos fósiles.

A continuación, se presentan las imágenes de los ejemplares presentados en cada puesto de trabajo.



Figura 7.1. Puesto de trabajo 1



Figura 7.2. Puesto de trabajo 2



Figura 7.3. Puesto de trabajo 3



Figura 7.4. Puesto de trabajo 4



Figura 7.5. Puesto de trabajo 5

8. DATOS Y RESULTADOS

En este apartado se reflejan los datos obtenidos a partir del cuestionario realizado.

8.1 Datos y resultados extraídos del cuestionario de ideas previas

En primer lugar, cabe destacar que se encuestaron 28 alumnos, 18 de 4º de la ESO y 10 de 1º de Bachillerato. Estos son los resultados:

Para la primera cuestión, la definición de fósil, los resultados se reflejan en las Figuras 8.1 y 8.2:

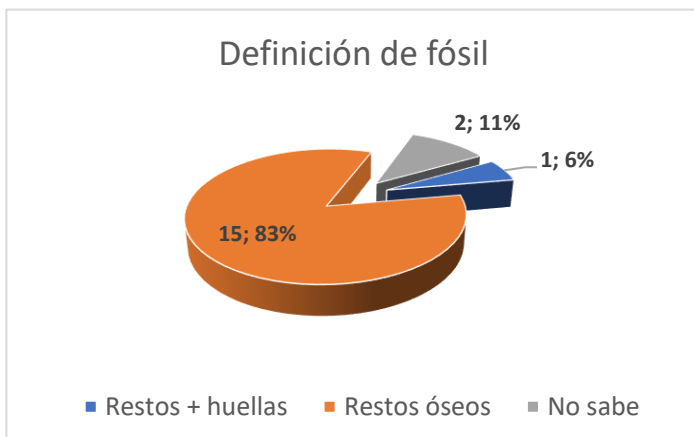


Figura 8.1. Definición de fósil en 4º de la ESO

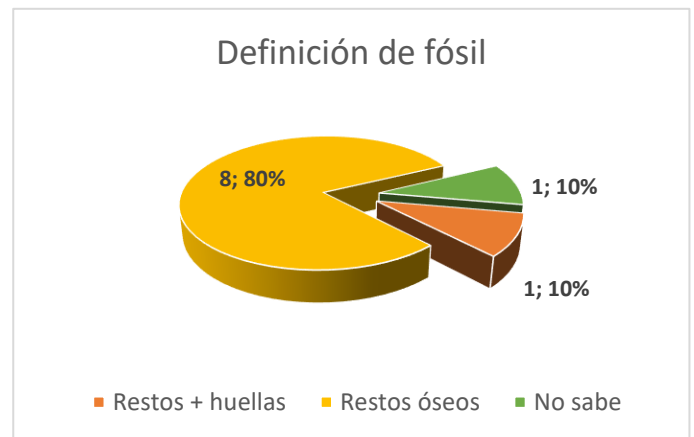


Figura 8.2. Definición de fósil en 1º de Bachillerato

En 4º de la ESO, destacar que un 83% de los alumnos definía fósil haciendo únicamente mención a restos óseos, tendencia que parece mantenerse en 1º de Bachillerato (80%). Muchos de ellos no tenían en cuenta los rastros, huellas u otras evidencias que también son consideradas fósiles.

Con relación a si los alumnos habían visto alguna vez un fósil o no, los resultados se reflejan en las gráficas de las Figuras 8.3 y 8.4.

Alumnos que han visto un fósil

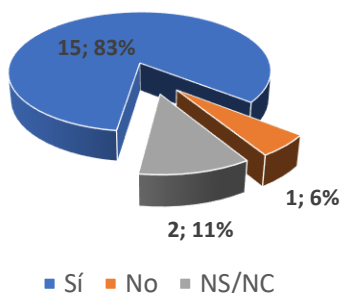


Figura 8.3. Visualización de fósiles en 4º de la ESO

Alumnos que han visto un fósil

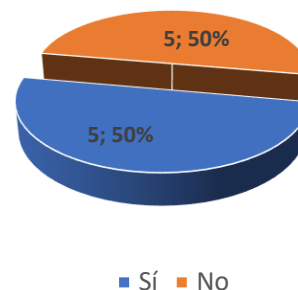


Figura 8.4. Visualización de fósiles en 1º de Bachillerato

En esta pregunta se puede observar una diferencia entre los alumnos de 4º de la ESO y los de 1º de Bachillerato. Sorprendentemente, un mayor porcentaje de alumnos de 4º de la ESO han visto un fósil, en comparación a sus compañeros de Bachillerato.

Si nos centramos, en que lugares han visto un fósil, los resultados son los reflejados en las Figuras 8.5 y 8.6:

Lugares donde han visto fósiles

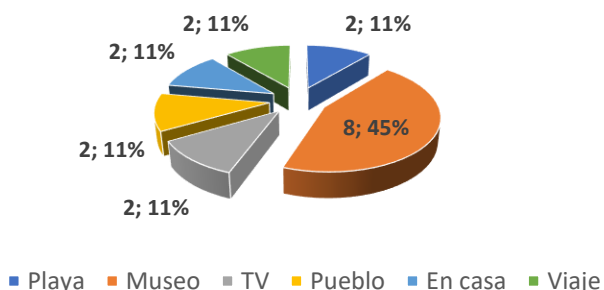


Figura 8.5. Lugares donde han visto fósiles en 4º de la ESO

Lugares donde han visto fósiles

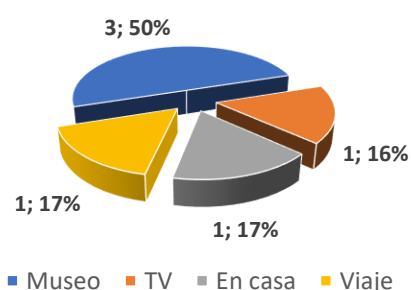


Figura 8.6. Lugares donde han visto fósiles en 1º de Bachillerato

De forma general, los alumnos asocian la visualización de fósiles a los museos, destacando que varios de ellos los hayan visto en casa, probablemente asociado a colecciones de sus progenitores o familiares.

Cabe destacar, de forma impactante, que ninguno de los alumnos encuestados haya mencionado haberlos visto en la escuela o en el instituto.

Esto hace imprescindible preguntar a los alumnos por la última vez que han estudiado los fósiles en la escuela. Las respuestas pueden observarse en las Figuras 8.7 y 8.8:

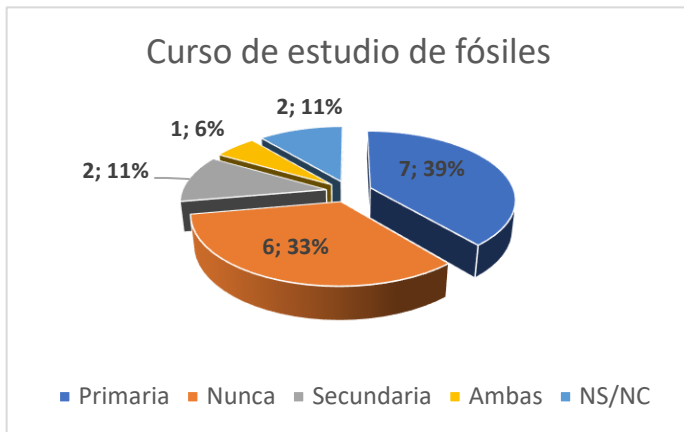


Figura 8.7. Curso donde se han estudiado los fósiles (4º ESO)

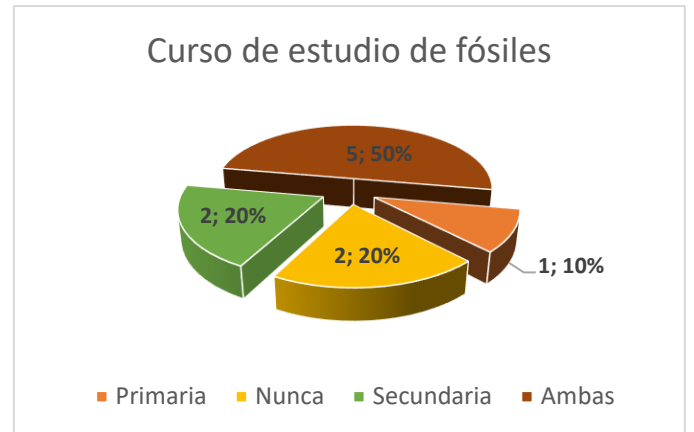


Figura 8.8. Curso donde se han estudiado los fósiles (1º Bachillerato)

Como se puede observar, la mayoría de los alumnos estudiaron por última vez los fósiles en primaria, existiendo un alto porcentaje de estos que nunca los había estudiado antes.

En relación con la cuarta cuestión, los alumnos debían citar y dibujar un fósil que conocieran.

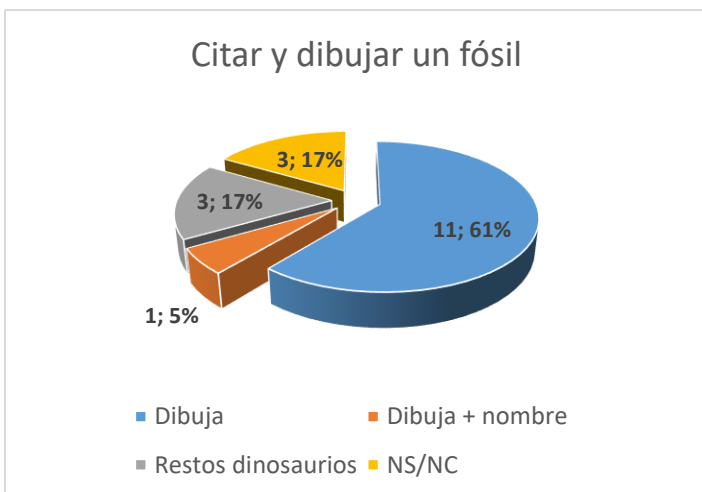


Figura 8.9. Conocimiento sobre fósiles en 4º ESO

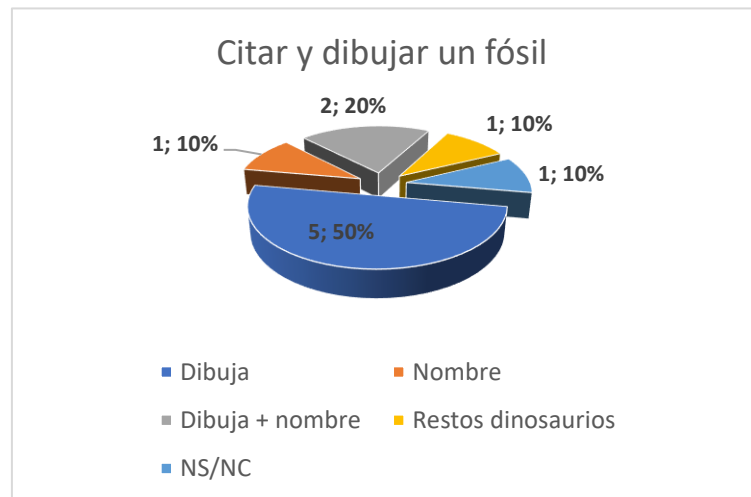


Figura 8.10. Conocimiento sobre fósiles en 1º Bachillerato

Como puede observarse en las Figuras 8.9 y 8.10, la gran mayoría es capaz de dibujar un fósil, pero a la hora de ponerle nombre no lo recuerda. Un hecho bastante sorprendente

es que un 40% (11 de 28) de los encuestados dibuja un *Ammonites*, pero a la hora de relacionar el nombre con el fósil, no es capaz de hacerlo.

También, hay que destacar en este punto, que solo 5 personas dibujan restos de dinosaurios.

Con relación al tiempo geológico, se pide a los alumnos que indiquen algún periodo o era terrestre que conozcan.



Figura 8.11. Cita de periodos o eras terrestres en 4º ESO



Figura 8.12. Cita de periodos o eras terrestres en 1º Bachillerato

Como se puede observar en las gráficas de las Figuras 8.11 y 8.12, en 4º de la ESO, la gran mayoría no es capaz de identificar un periodo terrestre, ni siquiera el jurásico. Este porcentaje se invierte en primero de Bachillerato, donde sí que son capaces de citar alguno más.

Además, hay que destacar que un 28% de los alumnos señala que el paleolítico es una era o periodo terrestre. Esto demuestra una clara confusión con aquellos conceptos impartidos en la asignatura de historia en cursos anteriores, derivando la percepción de los alumnos hacia el antropocentrismo.

Vistos los resultados de la concepción general de fósil y tiempo geológico, se procede a reflejar los resultados obtenidos relativos a las preguntas propuestas sobre los dinosaurios.

En relación con la extinción de los dinosaurios, se refleja en las Figuras 8.13 y 8.14, las causas propuestas por los alumnos:

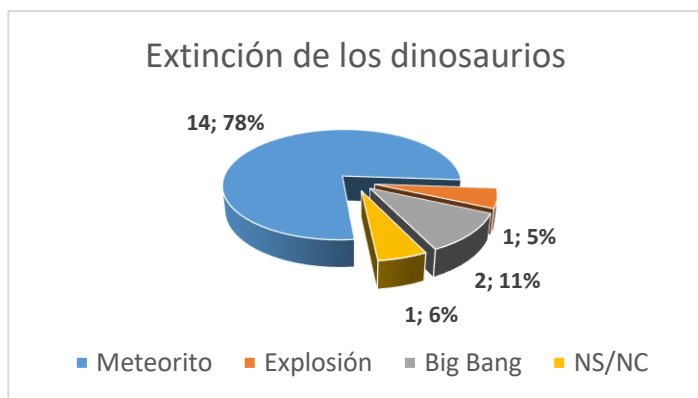


Figura 8.13. Causa de la extinción de los dinosaurios 4º ESO

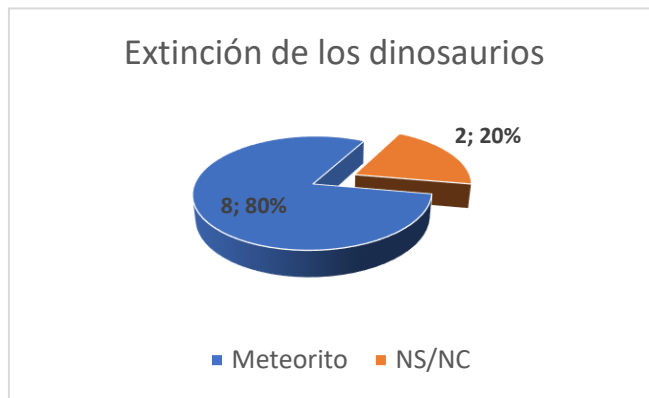


Figura 8.14. Causa de la extinción de los dinosaurios 1º Bachillerato

Los resultados obtenidos en 1º de Bachillerato están más definidos hacia la teoría del asteroide, así como los de 4º de la ESO, si bien, cabe destacar que, en este último curso, varios alumnos indicaron que el Big Bang fue dicha causa.

Por otra parte, en ambos grupos, no fueron capaces de citar otras extinciones masivas que hubiesen ocurrido, si bien, varios alumnos (4) citaron animales en peligro de extinción.

Profundizando en el campo de los dinosaurios, se pregunta por su pariente actual más cercano.

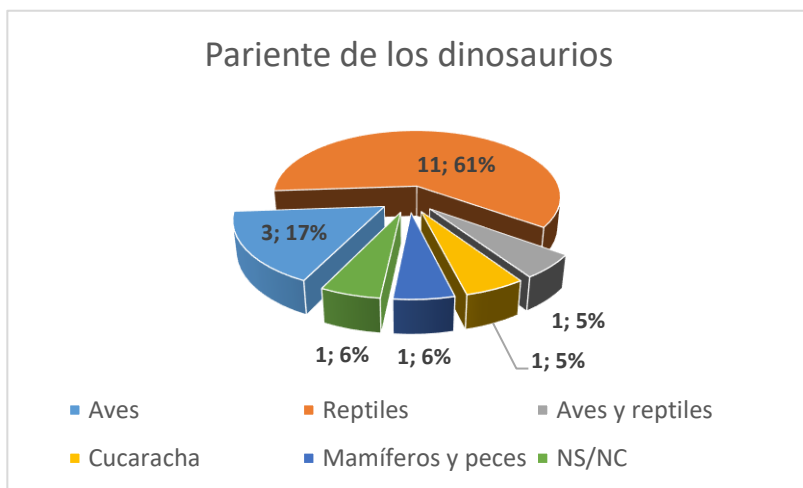


Figura 8.15. Pariente más cercano a los dinosaurios 4º ESO

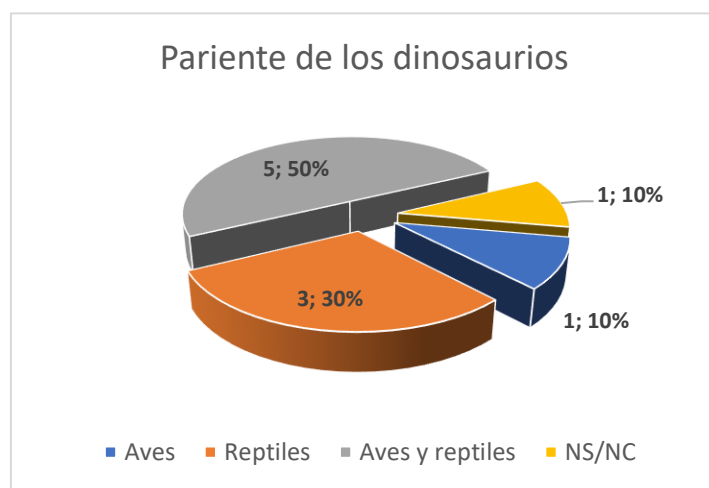


Figura 8.16. Pariente más cercano a los dinosaurios 1º Bachillerato

Según los resultados obtenidos en las gráficas de las Figuras 8.15 y 8.16, en primero de Bachillerato, un 90% afirma que aves y/o reptiles, mientras que en 4º de la ESO el porcentaje es algo menor, un 83%.

Por último, se pide a los alumnos que expliquen y/o dibujen un *Ammonites*, un *Trilobites*, un *Velociraptor* y un *Tyrannosaurus Rex*. Los resultados pueden observarse a continuación.

En 4º de la ESO:

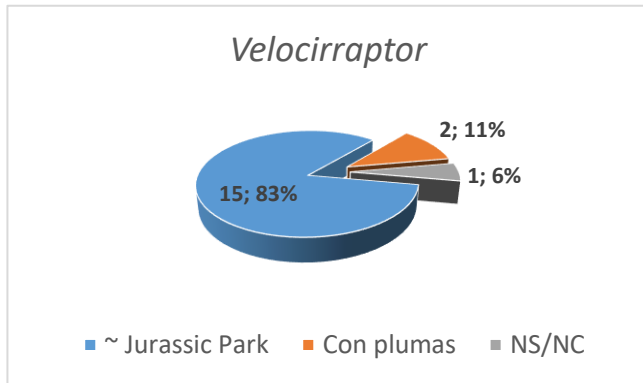


Figura 8.17. Dibujo y descripción del *Velociraptor* 4º ESO

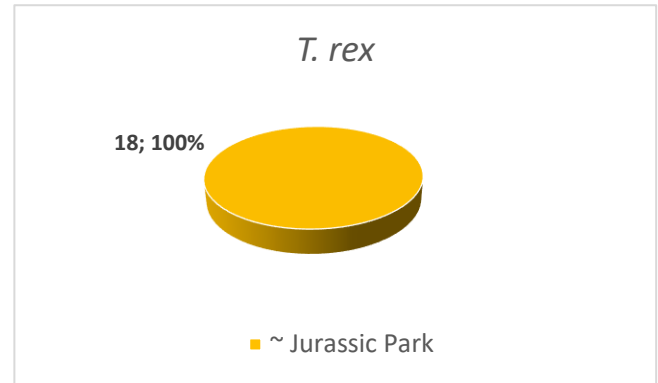


Figura 8.18. Dibujo y descripción del *T. rex* 4º ESO

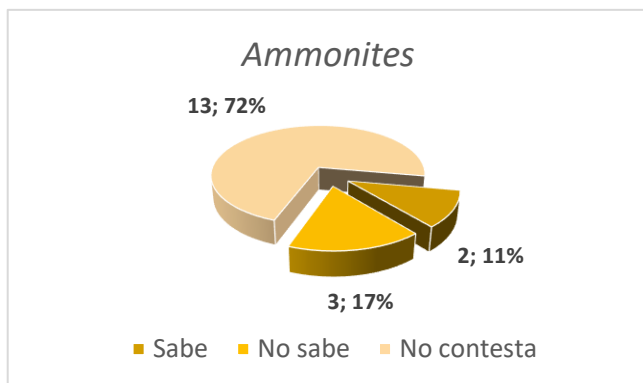


Figura 8.19. Dibujo y descripción del *Ammonites* 4º ESO

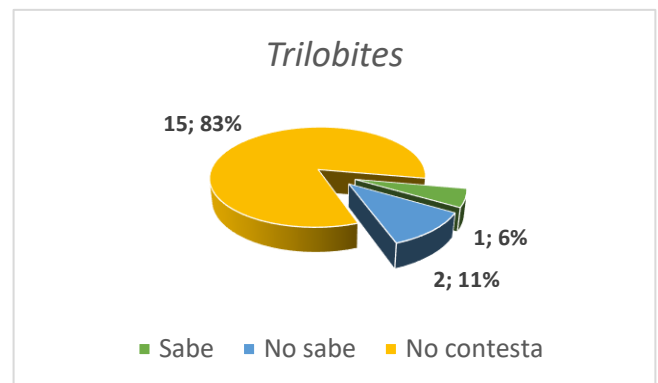


Figura 8.20. Dibujo y descripción del *Trilobites* 4º ESO

En 1º de Bachillerato:

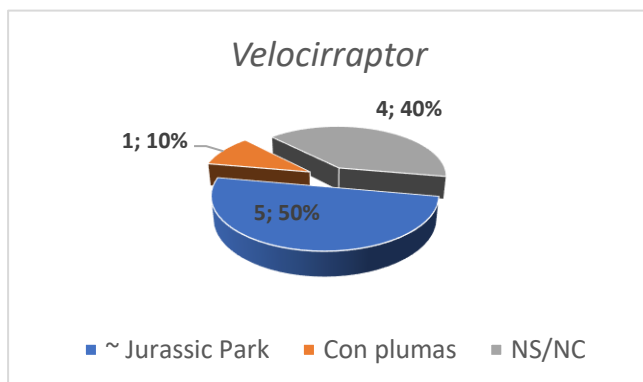


Figura 8.21. Dibujo y descripción del *Velociraptor* 1º Bachillerato

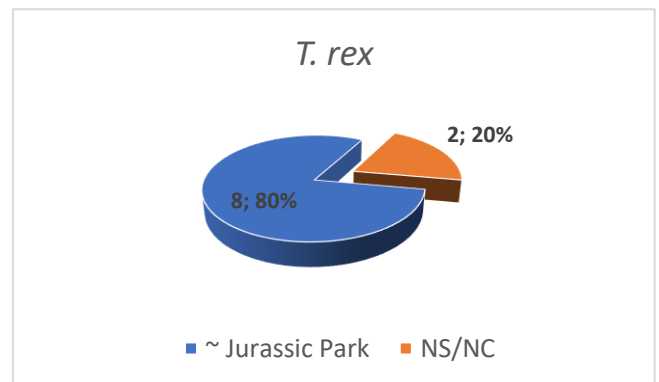


Figura 8.22. Dibujo y descripción del *T. rex* 1º Bachillerato

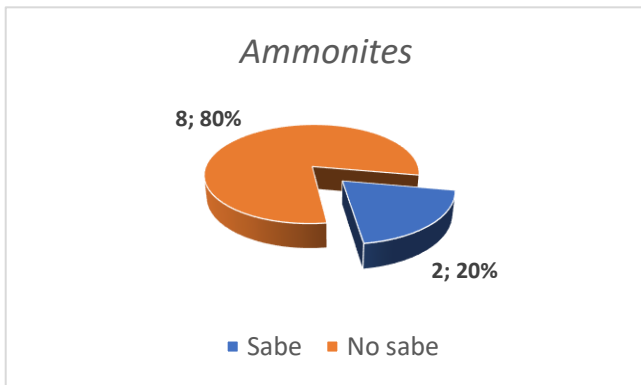


Figura 8.23. Dibujo y descripción del *Ammonites* 1º Bachillerato

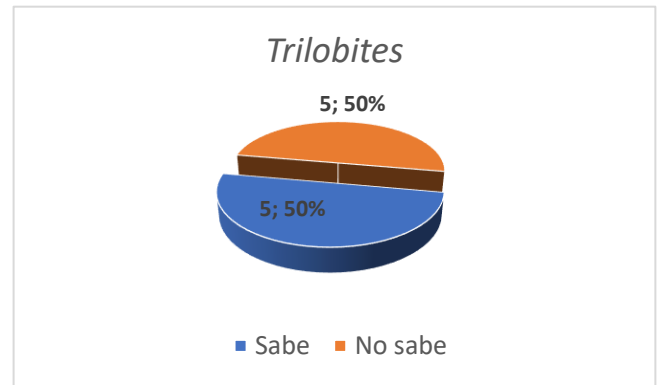


Figura 8.24. Dibujo y descripción del *Trilobites* 1º Bachillerato

De forma general, se puede observar que los dinosaurios son dibujados de forma parecida a como aparecen en la película de *Jurassic Park*. Por otra parte, en 4º de la ESO, la mayoría no sabe dibujar o describir el *Ammonites* y/o el *Trilobites*, mientras que en 1º de Bachillerato, el 50% identifica correctamente un *Trilobites*.

Relacionando estos datos con los extraídos anteriormente, se manifiesta lo expuesto previamente. Muchos de estos alumnos, cuando se les pregunta por un fósil dibuja un *Ammonites*, pero cuando se le invierte la pregunta no sabe responder a la misma.

8.2 Resultados de la actividad práctica

Los alumnos, tras realizar la identificación deben rellenar y presentar la plantilla que se encuentra en el **Anexo 9** rellena, así como el cronograma, para exponer sus resultados al resto de compañeros. A continuación, se presenta un ejemplo de hoja de respuestas y cronograma cumplimentados.

En primer lugar, hoja de respuestas:

Asocia cada fósil propuesto con la imagen correspondiente e indica su nombre:

	Imagen recreativa del ser vivo n°/letra	Nombre del fósil	Periodo/Era
Fósil 1:	15	Turritella	Mesozoico Cretácico Superior
Fósil 2:	11	Nummulites	Cenozoico Paleógeno Eoceno/Paleoceno
Fósil 3:	1	Trilobites	Paleozoico Cámbrico
Fósil 4:	8	Carcharodon	Cenozoico Mioceno/Plioceno
Fósil 5:	12	Orthoceras	Paleozoico Ordovícico + Triásico
Fósil 6:	13	Spirifer	Paleozoico Ordovícico - Triásico Superior: medio
Lámina 7:	e	Triceratops	Mesozoico Cretácico (Maastichtense)
Lámina 8:	9	Velociraptor	Mesozoico Cretácico (Caupaniense)
Lámina 9:	F	Tyrannosaurus	Mesozoico Cretácico superior
Lámina 10:	a	Archaeopteryx	Mesozoico Jurásico superior

Figura 8.25. Ejemplo de ficha de respuestas cumplimentada

A continuación, se presenta un ejemplo de una sección del cronograma (el cronograma completo puede visualizarse en el apartado de anexos, **Anexo 9**):

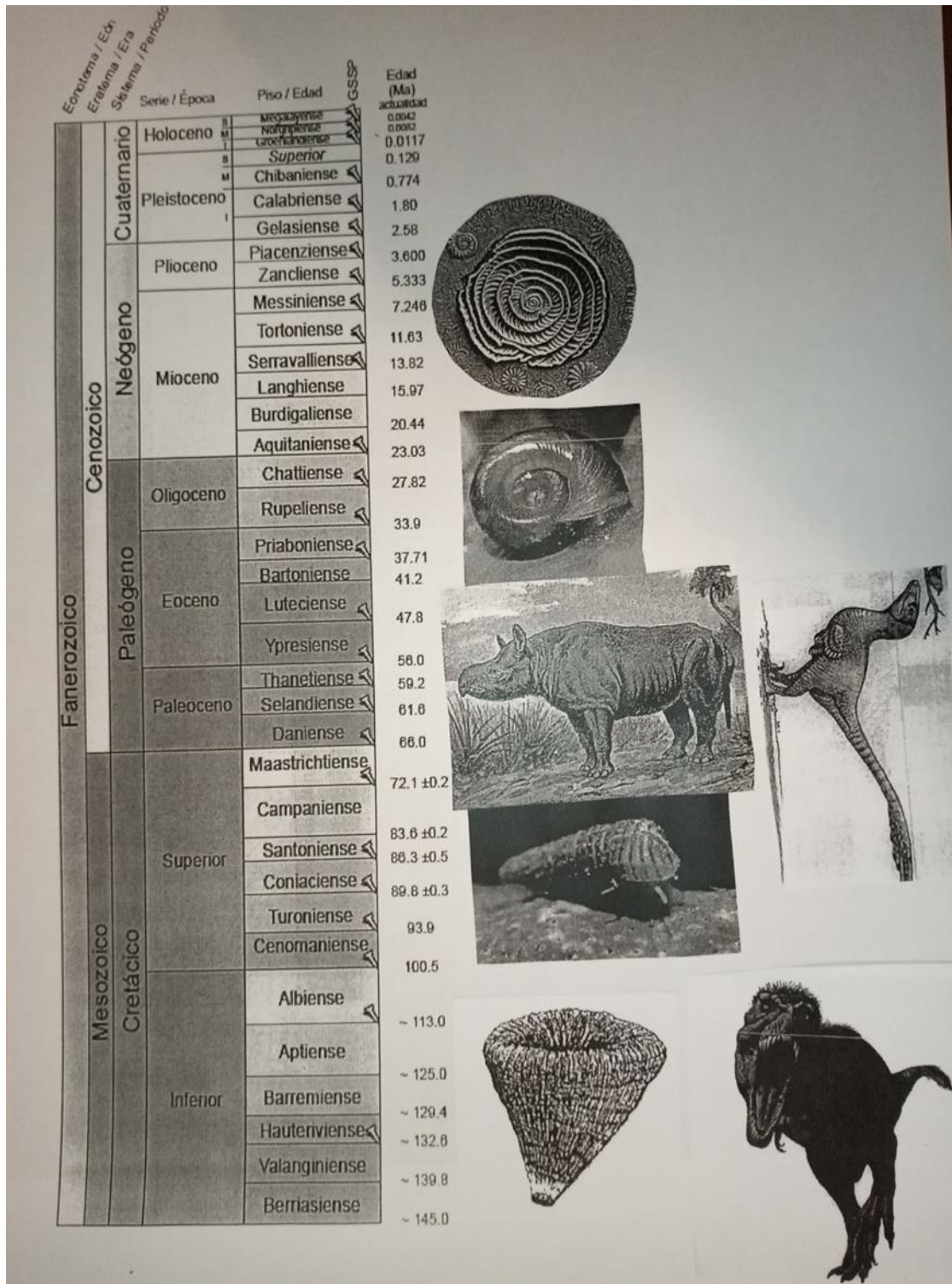


Figura 8.26. Cronograma realizado por los alumnos

8.3 Datos y resultado de la evaluación de 4º ESO

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la evaluación realizada a los alumnos de 4º de la ESO.

El examen realizado presentaba una parte de geología general y otra específica de fósiles. En la Tabla 8.1, se pueden observar los resultados de dicha evaluación, teniendo en cuenta la nota genérica y la específica de fósiles.

Tabla 8.1. Resultados de la Evaluación

Nota global del examen sobre 10	Nota exclusiva de la parte fósiles sobre 5	Nota exclusiva de la parte de fósiles sobre 10	Porcentaje que supone la parte de fósiles de su calificación final
3	1,75	3,5	58,33%
8,25	4,75	9,5	57,58%
8,81	4,75	9,5	53,92%
9,175	4,5	9	49,05%
9,175	4,75	9,5	51,77%
5	2,5	5	50,00%
9,375	4,5	9	48,00%
7,86	4	8	50,89%
6,54	4	8	61,16%
8,31	4,5	9	54,15%
8,86	5	10	56,43%
7,65	4,25	8,5	55,56%
8,86	5	10	56,43%
9,125	4,75	9,5	52,05%
6,8	3,5	7	51,47%
9,175	4,75	9,5	51,77%
7,11	4,25	8,5	59,77%
9,175	4,5	9	49,05%

Como se puede observar, las calificaciones fueron, en general, bastante positivas, suponiendo, la parte de fósiles de media, un 53,74% de la calificación final de la prueba.

Por tanto, se puede comprobar que los alumnos realizaron mejor esta parte que la otra parte del temario, donde no se realizó ninguna actividad de tipo práctico con ellos.

A continuación, se presentan dos gráficas, Figura 8.25 y 8.26, donde se puede visualizar el rango donde se distribuyen los resultados de los alumnos.

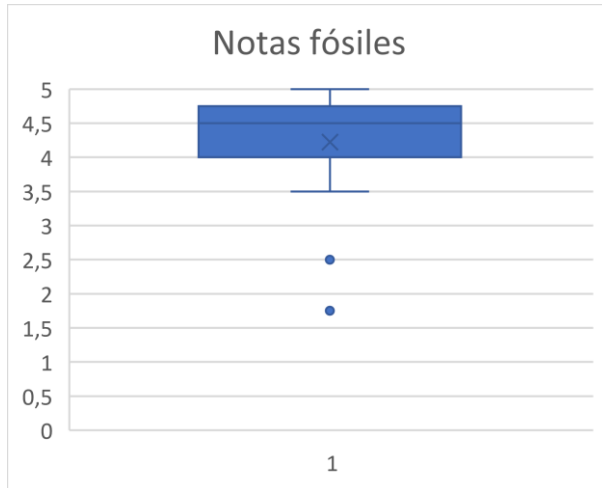


Figura 8.25. Intervalo de las calificaciones de los alumnos sobre 5

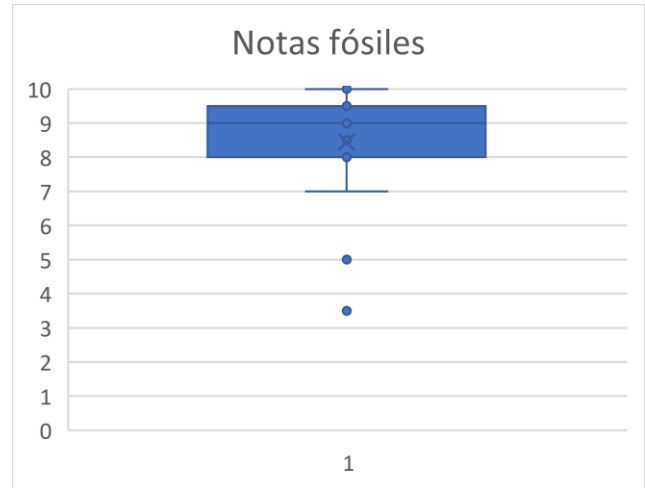


Figura 8.26. Intervalo de las calificaciones de los alumnos sobre 10

9. INTERPRETACIÓN

9.1 Interpretación de los resultados del cuestionario de ideas previas

Analizando los datos recabados en el apartado anterior, se pueden observar algunos resultados curiosos y llamativos, que ponen en consonancia lo expuesto en los apartados introductorios de este trabajo.

En relación con la concepción de los fósiles, las dificultades detectadas en el cuestionario de ideas previas coinciden con aquellas defendidas en la literatura, tal y como se menciona en el trabajo realizado por González P. en 2016.

Además, los resultados obtenidos coinciden con un estudio realizado a 200 alumnos de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en Valencia en el año 2007 (Gascó y Martínez-Pérez, 2007). En este estudio, de los 200 alumnos entrevistados, solo un 18% reflejó que los fósiles eran tanto restos de animales y plantas como huellas de su actividad. Frente a un 25% que solo considera las marcas, pero no los restos de organismos, y un 25% que solo considera los restos.

Casi 20 años después, los datos obtenidos en este trabajo reflejan cómo aproximadamente un 80% de los encuestados consideraba que los fósiles eran exclusivamente restos óseos o calcáreos, frente al 10% que los entendía también como el resto de su actividad.

Dado el bajo tamaño muestral utilizado, no pueden sacarse conclusiones definitivas, no obstante, se puede apreciar una tendencia semejante a los estudios ya publicados, por lo que este sería un punto de dificultad en el entendimiento de la paleontología.

Continuando con la siguiente cuestión, lugares donde han visto fósiles, la mayoría de los alumnos indican haberlos visto en museos. Sorprendentemente, hay que destacar que ninguno de los estudiantes cuestionados menciona haberlos visto físicamente en la escuela o en el instituto. Dato muy significativo, dado que, la mayoría de los institutos cuentan con ejemplares, aunque se trate de reproducciones en moldes de cerámica o de plástico.

Este dato responde a la realidad reflejada en el Manifiesto en Defensa de la Geología en las Aulas, publicado en 2021, donde se deja constancia de que la geología, en muchas ocasiones, no está siendo impartida en la ESO y se solicitan medidas de actuación para

remediar dicho problema, como la revisión del currículo para asignar una asignatura troncal de geología o suplementar la preparación de los profesores en esta materia (Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2021).

Vistas las respuestas obtenidas cuando se cuestionaba a los alumnos por los lugares donde habían visto fósiles, se hace obligatoria la pregunta por el curso donde estudiaron por última vez los fósiles. Aquí, se vuelve a hacer hincapié en la problemática explicada anteriormente e introducida en los apartados de Introducción y Justificación. Y es que, un 83% de los encuestados en 4º de la ESO, nunca habían estudiado los fósiles o los habían visto por última vez en Primaria.

En Bachillerato, este porcentaje se reduce drásticamente hasta el 30%. Sin embargo, un 50% de los encuestados afirmaban no haber recibido enseñanzas sobre fósiles hasta ese mismo curso, por tanto, parece indicar que no habrían estudiado nada sobre fósiles en la ESO.

Con relación a los fósiles dibujados, cabe resaltar que el *Ammonites* fue el que más se esbozó con un 40%, sin embargo, ningún alumno fue capaz de indicar cual era el nombre de este fósil.

Por otra parte, es llamativo que los fósiles de dinosaurios no fuesen los más dibujados, dado que, según artículos (Olguín, 2019) o la prensa (BBC, 2018), estos son los más llamativos para los estudiantes, sobre todo en sus primeras etapas juveniles.

En este sentido, sería interesante realizar un estudio a gran escala en el que se solicitase a los encuestados que dibujaran un fósil, para determinar cuál es el más popular o el más representativo.

Otro aspecto bastante reseñable que queda patente en el cuestionario es la confusión existente en la concepción del tiempo geológico. En este aspecto cabe mencionar que el 28% de los encuestados indicaron que el Paleolítico era un periodo o era terrestre. Esto indica, aparte de una visión antropocéntrica del tiempo geológico, una clara confusión con los conceptos impartidos en la asignatura de Historia.

Por otra parte, cabe destacar que en 4º de la ESO un 56% no supo indicar ningún periodo terrestre, frente al 30% en Bachillerato. En ambos casos ninguno supo citar una era.

Según varios estudios (Alegret et al., 2001), los alumnos presentan dificultades a la hora de hacerse una idea sobre las escalas de tiempo en las que se originan los diferentes procesos geológicos, asumiendo escalas inferiores, más manejables para ellos, pero que inducen a error. Además, uno de los encuestados situaba a los dinosaurios por la Edad Media, lo que indica claramente esta tendencia. Por tanto, los resultados obtenidos concuerdan con lo publicado en la literatura.

Continuando con la extinción de los dinosaurios, los resultados obtenidos reflejan la existencia de una diferencia notable entre los alumnos de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato. La mayoría de los alumnos de Bachillerato indicaban que la causa había sido un asteroide, sin embargo, en la ESO las respuestas eran más variadas, asociando esta extinción al Big-Bang o a fuertes explosiones.

Este resultado fue bastante sorprendente, ya que, tanto los dinosaurios, como su causa de extinción es algo bastante llamativo para los niños, por lo que suelen aprenderlo en edades tempranas, tal como muestra el estudio llevado a cabo por la UNAM en 2019.

Otro de los conceptos con los que los alumnos presentan más problemas es el de extinción masiva. Respecto esta temática, los alumnos volvían a tener ideas bastante diversas, confundiendo este concepto con las guerras o con el cambio climático.

Parece ser que los estudiantes tienen bastante claro cuando se les habla sobre especies extintas o en peligro de extinción e intentan extrapolar ese conocimiento a las extinciones masivas. De esta forma, cuando se les cuestiona sobre este último tipo de extinciones, lo relacionan con eventos tales como las glaciaciones, cambios atmosféricos, el Big-Bang o extinciones puntuales como los rinocerontes blancos, tal y como apunta Rodríguez Expósito (2019).

Prosiguiendo con los dinosaurios, la amplia mayoría de los estudiantes encuestados considera que sus parientes más cercanos son los reptiles y las aves. En este apartado, hay que destacar que en 4º de la ESO un 17% los asocia con otros seres vivos, desde mamíferos hasta insectos. Estos errores de concepción pueden estar relacionados con una interpretación errónea del tiempo geológico, al no ordenar la aparición de los diferentes organismos sobre la Tierra, de acuerdo con Clauss (1993).

Por último, se pide a los alumnos que expliquen y/o dibujen una serie de fósiles:

- *Ammonites*

- *Trilobites*
- *Velociraptor*
- *Tyrannosaurus Rex*

En primer lugar, con relación al *Ammonites*, en torno a un 85% no es capaz de dibujarlo con éxito, lo que hace notoria la incapacidad de relacionar lo que habían dibujado anteriormente como fósil con el nombre concreto del ejemplar. Recordando los datos obtenidos de la cuarta cuestión (*Cita algún ejemplo de fósil que conozcas y dibújalo*), un 40 % de los encuestados representó un *Ammonites*, que luego no supo reflejar cuando se les preguntó específicamente por su esbozo.

Por tanto, según los resultados obtenidos, la mayoría de los alumnos cuando piensan en un fósil es un *Ammonites*, sin embargo, no sabrían que contestar si se les preguntase por el nombre de dicho ejemplar.

En segundo lugar, respecto al *Trilobites*, en 4º de la ESO, la amplia mayoría no sabe indicar lo que es, a excepción de un estudiante que supo representarlo. Este caso concreto estuvo asociado a que en su ámbito familiar coleccionaban fósiles.

Como contraposición, los resultados extraídos en Bachillerato son bastante diferentes, dado que la mayoría era capaz de identificarlo. En este caso, este hecho se encuentra asociado a que lo habían estudiado ese mismo curso con su profesora.

Por último, en relación con los dinosaurios, en su amplia mayoría, eran representados tal y como aparecían en la película de *Jurassic Park*, lo que indica una clara influencia de las películas, el merchandising o las redes sociales sobre los alumnos.

Esto concuerda con lo expuesto por Grilli Silva (2016), sobre la concepción que tiene la sociedad sobre los dinosaurios y sobre como ha influenciado la película de *Jurassic Park* a la cultura de la humanidad.

Finalmente, cabe destacar que varios alumnos no supieran representar o describir ninguno de los dinosaurios propuestos. Esto estuvo asociado a que estos alumnos carecían de las ideas previas suministradas por la saga filmográfica al no haber visto sus películas.

9.2 Interpretación de los resultados de la sesión práctica

En primer lugar, cabe reflejar que la actitud que presentaron los alumnos fue muy positiva. Estos se mostraron atentos y muy dinámicos durante toda la sesión, en contraposición con las clases teóricas que se imparten de forma habitual.

En este sentido, la actividad cumplió con su cometido, tal y como se espera de una actividad de gamificación, la cual debe ser divertida y motivadora.

Esta buena actitud se mantuvo en ambos cursos, en los cuales todos los alumnos se implicaron y trataron de colaborar para resolver el caso propuesto, progresando poco a poco y siguiendo la narrativa planteada.

Respecto a las producciones elaboradas, se ha apreciado en ambos cursos una notable dificultad para diferenciar los ejemplares de *Orthoceras* y *Turritella*. Este hecho se debe al mal estado en el que se encontraban ambos ejemplares, sin embargo, muchas veces los fósiles que se encuentran en los yacimientos están fracturados, por lo que es una buena oportunidad para que los alumnos comprobasen que la identificación no es siempre tan sencilla.

Otra confusión observada se aprecia a la hora de identificar los esqueletos de los dinosaurios, sobre todo en el curso de 1º de Bachillerato. Cabe recordar que a estos alumnos no se les había explicado nada de este tema con anterioridad.

La principal equivocación observada en este curso fue la confusión entre los restos fosilizados de *Archaeopteryx* y los del *Velociraptor*, no obstante, esta confusión es una oportunidad única para mostrarles como las películas de *Jurassic Park* se alejan de la realidad, ya que, basándose en los huesos, los propios estudiantes estaban asociando este dinosaurio a un ave y no al terrible depredador que se muestra en las cintas.

Sin tener en consideración los errores expuestos anteriormente, las producciones elaboradas fueron bastante exitosas, así como su exposición posterior.

Finalmente, hay que indicar que la actividad se resolvió de forma exitosa gracias al gran interés e implicación que mostraron los estudiantes en la misma. Además, este ejercicio les fue beneficioso de cara a la posterior prueba de evaluación, donde pudieron poner a prueba los conocimientos adquiridos en la sesión.

9.3 Interpretación de los resultados de la evaluación

Con relación a la prueba de evaluación, los resultados fueron satisfactorios. El 94% de los estudiantes pasaron la prueba con éxito y un 33% obtuvo una calificación de sobresaliente.

Los datos anteriores hacen referencia al examen en su conjunto, pero si se tiene en consideración exclusivamente la parte relativa a los fósiles, el porcentaje de sobresalientes asciende a un 61%.

Por tanto, según el cómputo global, es decir, contando ambas partes del examen escrito, las calificaciones de los alumnos se situaron entre el 8 y el 9,5, representando la calificación de la parte específica de fósiles un 53,74% de la calificación final.

Teniendo en cuenta que los alumnos partían de ideas poco precisas y algunas bastante equivocadas, la mejoría es sin duda alguna satisfactoria, por tanto, se puede afirmar que se corrobora la hipótesis, es decir, el alumnado mejora sus conocimientos sobre paleontología después de implementar la propuesta didáctica.

Además, la mejora observada en la parte donde se realiza la propuesta es superior en 7 puntos porcentuales, respecto a la parte donde no ha sido realizada.

Por otro lado, se han cumplido los objetivos planteados en la propuesta, dado que, entre otros, los alumnos han tenido la oportunidad de: manipular ejemplares físicos, resolver el caso propuesto y acercarse a la realidad profesional de un paleontólogo.

Por tanto, al finalizar esta actividad y su evaluación, estos eran capaces de definir qué eran los fósiles, identificar ejemplares y ubicarlos en su era correspondiente, así como mantener conversaciones fluidas sobre aspectos generales de la paleontología.

Por todo esto y finalmente, se puede denotar la existencia de una mejoría abrumadora en la concepción de la geología, en general, y de los fósiles, en particular, por lo que se ha visto confirmada la hipótesis y alcanzados los objetivos.

10. CONCLUSIONES

En primer lugar, la elaboración de este trabajo ha supuesto un desafío constante, desde la búsqueda inicial de información, hasta la aplicación de la propuesta en el aula, empleando de forma competente y adecuada los conocimientos adquiridos durante este máster y que culminan en la producción de este trabajo.

En este contexto, las conclusiones extraídas en base a los objetivos propuestos son las siguientes:

1. La detección de ideas previas realizada a los alumnos de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato permitió detectar nociones erróneas en los conceptos de: fósil (al entenderlos únicamente como restos óseos/calcareos), tiempo geológico (indicando el paleolítico como una era terrestre), extinción masiva (al definirla como consecuencia de las guerras o que afectan a una única especie) y relativos a los dinosaurios (los alumnos ofrecían explicaciones alternativas a la causa de extinción, al pariente más cercano y a la morfología de las especies propuestas).
2. La amplia mayoría de los alumnos encuestados no habían vuelto a estudiar nada relativo a fósiles desde Educación Primaria y ninguno de estos indicó haber visto físicamente un fósil en clase, siendo el lugar más asociado a la observación de estos un museo.
3. Sorprendentemente, cuando se solicitó que los estudiantes dibujaran un fósil, el 40% dibujó un *Ammonites* (sin embargo, no supieron indicar el nombre de este), a pesar de que los dinosaurios, a primera vista, son los más conocidos por la población.
4. La propuesta didáctica elaborada e implementada en clase contó con el beneplácito de los estudiantes, los cuales se mostraron muy activos, entusiasmados y resolutivos frente a la propuesta. Esta buena actitud se reflejó posteriormente en los resultados obtenidos en la prueba de evaluación, donde un 61% de los estudiantes sacaron una calificación de sobresaliente en la parte

correspondiente a los fósiles, oscilando la mayoría de las calificaciones entre el 8 y el 9,5.

5. Por todo lo anterior, se considera que la mejoría es sin lugar a duda satisfactoria, corroborando la hipótesis inicial, es decir, los alumnos ven mejorado su aprendizaje tras la implementación de la propuesta didáctica, aprendiendo a, entre otras cosas, identificar fósiles, analizar historia geológica y estratigrafía.

Finalmente, con la realización de este trabajo se pretende ofrecer una mayor visibilidad de la geología e incentivar: su impartición en el aula, su presencia en el currículo y la elaboración de más trabajos con relación a esta materia, para así seguir ampliando el horizonte docente de esta ciencia.

11. REFLEXIÓN

Como reflexión, en este trabajo se ha puesto de manifiesto como la geología, en general, y los fósiles, en particular, muchas veces son relegados a un segundo plano, cuando resulta que ofrecen una gran cantidad de posibilidades didácticas para mostrarlos a los estudiantes y adquieran competencias como el respeto por la naturaleza o la concienciación ambiental.

Además, se ha demostrado como los alumnos reaccionan con gran motivación y resolución frente a actividades del tipo de la gamificación, en comparación con las clases tradicionales.

Sin embargo, realizar esta actividad no habría sido posible sin la colaboración del centro, sus profesores y mi tutor del TFM, por lo que les agradezco profundamente el haber sido partícipes de este trabajo.

Por otra parte, como limitaciones que han existido a la hora de llevar a cabo la actividad, me gustaría recalcar las siguientes:

- Falta de ejemplares en el centro para que los alumnos pudieran manipular, lo que obligó a aumentar el número de láminas de dinosaurios suministradas.
- Tamaño del laboratorio algo justo para desarrollar la actividad. Con grupos superiores a 25 alumnos se debería plantear dividir el grupo en dos y hacer sesiones separadas.
- Tiempo limitado para llevar a cabo la práctica. Debido a ciertas circunstancias se dispuso de menos tiempo del que hubiera sido adecuado para realizar la actividad.

Por todo esto y en condiciones óptimas, sería interesante ampliar la actividad propuesta, utilizando más sesiones y más ejemplares a identificar.

Para terminar y como reflexión final, cabe destacar que con este trabajo de fin de máster culmina la gran experiencia que han supuesto estos estudios. Considero que haber cursado este máster me ha sido útil para adquirir destrezas esenciales con las que poder desarrollar mi labor docente de forma exitosa.

Por otra parte, la propuesta llevada a cabo en este trabajo de fin de máster puede servir de base para trabajos futuros o para profesionales que quieran modificarla o adaptarla a sus centros y contribuir así a la alfabetización científica de la sociedad.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Alegret, L., Meléndez, A., y Trallero, V. (2001). Didáctica del tiempo en geología: apuntes en internet. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(3), 261-269
- Anderson, H. M. (2018). Dale's cone of experience. *Diakses dari*, 14. 1-2.
- Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. (2021). Manifiesto por una adecuada presencia de la Geología en el nuevo currículo de la LOMLOE. 10. Recuperado de: <http://www.aepect.org/2021/05/17/geologia-lomloe-2021/>. Consultado: 07/06/2022.
- BBC. (2018). Por qué a la mayoría de los niños (y a muchos adultos también) les fascinan los dinosaurios. *BBC News Mundo*. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43642959>. Consultado: 22/05/2022.
- Duarte, C., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A. F., Simó, R. y Valladares, F. (2006). Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)* 1-170.
- Carretero, M. (1997). ¿Qué es el constructivismo? *Progreso*. P, 1, 39-71. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Cesar-Coll-2/publication/48137926_Que_es_el_constructivismo/links/53eb30a20cf2fb1b9b6afb55/Que-es-el-constructivismo.pdf. Consultado: 09/06/2022
- Casado, A., Castilla, G., Claro, A., Cuerva, A., Cuevas, J., Díez-Canseco, D., Elez, J., Martín, A., Melón, P., Muñoz, F. y Pérez, J. (2020). ¿Qué son los fósiles guía? *Geología desde Ávila*. Recuperado de: <https://geolodiaavila.com/2020/10/30/fosiles-guia/>. Consultado: 22/05/2022
- Ceballos, M., Vílchez, J. E., y Reina, M. (2019). Concepto de fósil en niños de primero a cuarto de Educación Primaria: ¿cómo lo adquieren? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(2), 210-210.
- Clauss, F. L. (1993). Los dinosaurios como recurso didáctico en las enseñanzas medias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1(3), 180-186.
- Comisión Internacional de Estratigrafía. (2020). Tabla Cronoestratigráfica Internacional. Recuperado de:

<https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2020-03SpanishAmer.pdf>.

Consultado: 08/06/2022.

- Comisión Internacional de Estratigrafía. (2021). Tabla Cronoestratigráfica Internacional. Recuperado de: <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-05Spanish.pdf>. Consultado: 08/06/2022.
- Cornellà, P., Estebanell, M., y Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1), 5-19.
- Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. (2010). Cuestionario Sobre la Actividad “Los Fósiles de tu Ciudad”. *Ministerio de Ciencia e Innovación*. 1 página.
- Fernández-López, S. R. (2000). La naturaleza del registro fósil y el análisis de las extinciones. *Coloquios de Paleontología*. 51, 267-280.
- García, V. G. (2020). La Influencia de las Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias Sociales. *Trabajo Fin de Grado*. Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada. 70 páginas.
- Gascó, F., y Martínez-Pérez, C. (2007) Detección de Ideas Previas en Paleontología: Datos Preliminares/Detection of Previous Ideas in Palaeontology: Preliminary Data. *Actas del III Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*, 83 páginas.
- Gil, Á. P. (2010). La Pirámide del Aprendizaje. *E-Innova*. Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid (BUCM). 27. 4 páginas.
- González, P. (2016). “Un Extraño Descubrimiento”: Propuesta de Indagación para 4º de ESO a través de los fósiles. Curso: 2015-2016 *Trabajo Fin de Máster en Formación del Profesorado*. Universidad de Granada. 126 páginas.
- Grilli, J. (2016). Cine de ciencia ficción y enseñanza de las ciencias. Dos escuelas paralelas que deben encontrarse en las aulas. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 13(1), 137-148. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.10

- Guevara, C. (2018). Estrategias de gamificación aplicadas al desarrollo de competencias digitales docentes. *Tesis doctoral*. Departamento de Posgrado de la Universidad Casa Grande.
- Heraldo de Aragón. (2022). Geología y mala educación. *heraldo.es*. Recuperado de: <https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2022/01/07/geologia-y-mala-educacion-1544332.html>. Consultado: 22/05/2022
- Hernández, J. M. F., Bell, M. G., y Guerrero, R. F. (2006). Las ideas previas y su utilización en la enseñanza de las ciencias morfológicas en carreras afines al campo biológico. *Tarbiya*. 37. 7 páginas.
- Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. (2017). La situación crítica de la Geología en el Bachillerato. *Tierra y Tecnología*. 50. 6 páginas. Recuperado de: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2017/11/la-situacion-critica-de-la-geologia-en-el-bachillerato/>. Consultado: 22/05/2022
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. (2022). El tiempo geológico. Recuperado de: <http://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Explora-Cataluna/Atlas/Atlas-geologico-de-Cataluna/El-tiempo-geologico>. Consultado: 22/05/2022
- Instituto de Geociencias. (2021). Manifiesto Por Una Presencia Adecuada De La Geología En El Nuevo Currículo Educativo. Recuperado de: <https://igeo.ucm-csic.es/manifiesto-por-una-presencia-adecuada-de-la-geologia-en-el-nuevo-curriculo-educativo/>. Consultado: 08/06/2022
- Jota Serra, J. (2022, abril 16). Bernat Morey: «Nací sobre fósiles y nadie me los explicaba, y eso sigue ocurriendo». *Ultima Hora*. Recuperado de: <https://www.ultimahora.es/noticias/local/2022/04/16/1722561/bernat-morey-naci-sobre-fosiles-nadie-explicaba-eso-sigue-ocurriendo.html>. Consultado: 22/05/2022
- Jiménez, S. (2016). Qué es la gamificación y en qué ámbitos se puede aplicar. *Esic Press Room*. Recuperado de: <https://www.esic.edu/saladeprensa/prensa/noticia/gamificacion-la-experiencia-del-juego-con-sergio-jimenez>. Consultado: 22/05/2022
- Junta de Andalucía. (2013). Procesos de fosilización. Repositorio. Recuperado de: <http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/10042013/4e/es->

22/05/2022

- Ministerio de Educación. (2022). La Tierra un Planeta en continuo cambio. *Proyecto Biosfera*. Ministerio de Educación. Recuperado de: http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/tierra_cambia/contenidos4.htm. Consultado: 22/05/2022
- Muñoz, P. (2020). Unidad Didáctica: “Historia de la Tierra: Grandes Extinciones y sus causas Naturales” Para 1º de Bachillerato. Centro de Estudios de Postgrado de la Universidad de Jaén. 96 páginas.
- Norell, M. A., Makovicky, P., y Clark, J. M. (1997). A Velociraptor wishbone. *Nature*, 389 (6650), 447-447. <https://doi.org/10.1038/38918>
- Norell, M., Makovicky, P. J., Project, M.-A. M. P., y Akademi, M. S. U. (1999). Important features of the dromaeosaurid skeleton. 2, Information from newly collected specimens of Velociraptor mongoliensis. *American Museum novitates*; 3282 páginas.
- Olguín, M. (2019). ¿Por qué a los niños les fascinan los dinosaurios? *Revista online UNAM Global*. Recuperado de: <https://unamglobal.unam.mx/por-que-a-los-ninos-les-fascinan-los-dinosaurios/>. Consultado: 07/06/2022.
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 25, de 29 de enero de 2015.
- Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 86, de 8 de mayo de 2015.
- Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 86, de 8 de mayo de 2015.
- Paciente, M., y González, C. (2018). Efecto de la gamificación sobre el rendimiento y la motivación en estudiantes de la Facultad de Derecho. *V Jornadas*

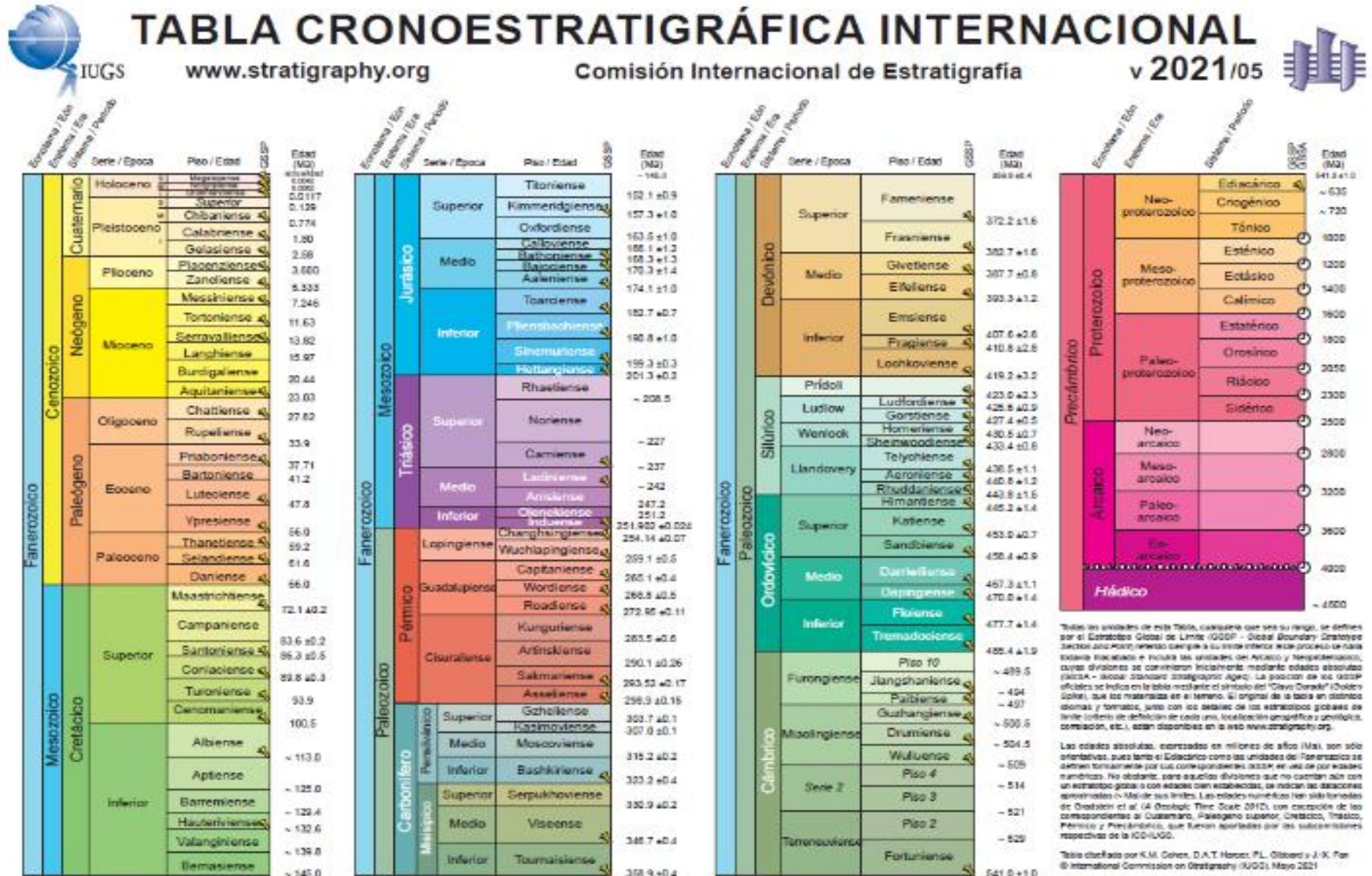
Iberoamericanas de Innovación Educativa en el ámbito de las TIC y las TAC: InnoEducaTIC 2018, Las Palmas de Gran Canaria, (pp. 245-252). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

- Pérez, E., y Gértrudix, F. (2021). Ventajas de la gamificación en el ámbito de la educación formal en España. Una revisión bibliográfica en el periodo de 2015-2020. *Contextos educativos: revista de educación*. n. 28; p. 222-226.
- Pérez-Manzano, A., y Almela-Baeza, J. (2018). Gamification and transmedia for scientific promotion and for encouraging scientific careers in adolescents. *Scipedia: Media Education Research Journal*, 26, 15 páginas.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. (2014). *Boletín Oficial del Estado*, 3, de 03/01/2015. p (21).
- Real Sociedad Española de Historia Natural. (2022). Situación de la enseñanza de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) en la Educación Secundaria en España. Recuperado de: <http://www.rsehn.es/index.php?d=25>. Consultado: 07/06/2022.
- Rodríguez, E. (2019). El árbol de la vida y el salón de las extinciones masivas como investigación escolar: propuesta de trabajo empleando el Aprendizaje Basado en el Pensamiento (Thinking-Based Learning, TBL). *Trabajo de Fin de Máster*. Escuela de Doctorado y Posgrado. Universidad de La Laguna. 96 páginas.
- Rodríguez, H. (2021). La geología tuvo un papel fundamental en el desarrollo de la biodiversidad. *National Geographic España online*. Recuperado de: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/geologia-tuvo-papel-fundamental-desarrollo-biodiversidad_17380. Consultado: 22/05/2022
- Romero, S. (2021). Test: ¿Cuánto sabes de paleontología? *Muy Interesante online*. Recuperado de: <https://www.muyinteresante.es/ciencia/test/test-cuanto-sabes-de-paleontologia-551622550309>. Consultado: 22/05/2022
- Royo-Torres, R., Esteban, E., Ponz, A., Carrasquer, J., Carrasquer, B., y Álvarez, M. V. (2021). La colección de fósiles del Colegio Universitario de Teruel para enseñar y aprender en la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas (Universidad de Zaragoza). *Lucas Mallada: Revista de Ciencias* 23. pp (131-132).

- Ruiz, P. y Pedrinaci, E. (2015). El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra* 2, (1) 240-251.
- Sánchez, S. (2018). Cómo Trabajan los Docentes con las Ideas Previas de los Alumnos. *Trabajo de Fin de Grado*. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla.
- Santos, A., Mayoral, E., Fernández-Caliani, J. C., Campina, A., Fernández, C., Alonso, F. M., Donaire, T. y Millán, B., (2021). Geobrary, una Aplicación al Servicio de la Paleontología. *Lucas Mallada*, 23. 133 a 134.
- Sanz-Pérez, D., Cambroner, I., García-Cobeña, J., Peco, V. G., Nebreda, S. M., de Juanas, S. O., y García-Frank, A. (2020). " Evolutionary": divulgación y enseñanza de la paleontología mediante la gamificación. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1), 125-136.
- Sociedad Geológica de España. (2020). ¿Qué es la Geología? Recuperado de: <https://sge.usal.es/que.html>. Consultado: 22/05/2022
- Sour, F., y Quiroz, S. A. (2004). Mitos y leyendas sobre fósiles. *Revista Ciencia*, 55 (1), 8-16.
- The Geological Society. (2015). Geología para la sociedad. *Repositorio Universidad del País Vasco (UPV)*. Recuperado de: <https://www.ehu.eus/documents/6452490/0/Geology-for-Society-Spanish.pdf>. Consultado: 07/06/2022.
- Vicens, E., y Oms, O. (2001). Los Fósiles: Qué son y para qué sirven. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9 (2), 110-115.
- Westrin, P., Berthet, T., Brajkovic, R., Pirard, E., Murphy, M., Bellucci, L., y Kavanagh, R. (2020). Can we teach children geology using one of the world's most popular video games?. *European Geologist*, 50, 83-86.

13. ANEXOS

Anexo 1. Tabla Cronoestratigráfica Internacional



La norma de colores se rige por la de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW/IGU) - www.cgmw.org

Traducción al castellano de J.C. Quintero-Llanero en colaboración con: Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España, Instituto de Geociencias (IGCS-UCM) y Real Academia de Ciencias.



Todas las unidades de esta Tabla, cualquiera que sea su rango, se definen por el Estratotipo Global de Límite (GGSP - Global Boundary Stratotype Section and Point) referido siempre a su límite inferior. Este proceso se llama sistema internacional e incluye las unidades del Arcaico y Neoproterozoico, cuyos divisiones se convierten inicialmente mediante edades absolutas (GSA - Global Stratigraphic Age). La posición de los GGSP oficiales se indica en la tabla mediante el símbolo del 'Clavo Corado' (Clavé Corado), que los materializa en el terreno. El original de la tabla en distintos idiomas y formatos, junto con los detalles de los estratotipos globales de límite, criterios de definición de cada uno, localización geográfica y simbología, correlación, etc., están disponibles en la web www.stratigraphy.org.

Las edades absolutas, expresadas en millones de años (Ma), son sólo orientativas, pues tanto el Eoceno como las unidades del Terciario se definen formalmente por sus correlaciones con el uso de los edades numéricas. No obstante, para esas mismas unidades que no cambian aún con un estratotipo global o con edades bien establecidas, se indican las edades absolutas aproximadas (±) más de los límites. Las edades numéricas han sido formadas de tradición en el 64 Geologic Time Scale (GTS), con excepción de las correspondientes al Cuaternario, Paleógeno superior, Cretácico, Triásico, Pérmico y Precámbrico, que fueron aportadas por los subcomités respectivos de la ICS-IGU.

Tabla clasificada por K.M. Cohen, D.A.T. Horro, P.L. Gibbard y J.-K. Fan © International Commission on Stratigraphy (ICS), Mayo 2021.

Cite como Cohen, K.M., Fossé, G.O., Gibbard, P.L., & Fan, J.-K. (2021) *International Chronostratigraphic Chart*, *Supplement 2021/05*. The ICS International Chronostratigraphic Chart, Supplement 2021/05. <http://www.stratigraphy.org/IGUchart/ChronostratChart2021-05.pdf>

Anexo 2. Cuestionario de captación de ideas previas

¿Cuánto sabes sobre fósiles?

1. ¿Qué es un fósil?
2. ¿Has visto alguna vez un fósil? ¿Dónde?
3. ¿Cuándo y dónde ha sido la primera vez que has oído hablar del concepto de fósil? ¿En la escuela habéis estudiado alguna vez los fósiles (en qué año/curso)?
4. Cita algún ejemplo de fósil que conozcas y dibújalo.
5. ¿Sabrías citar alguna era o periodo terrestre? ¿En qué era vivieron los dinosaurios?
6. ¿Cómo se extinguieron los dinosaurios? ¿Conoces alguna otra extinción masiva que haya ocurrido?
7. ¿Cuáles crees que son los parientes actuales más cercanos a los dinosaurios?
8. Dibuja y describe los siguientes individuos: Velociraptor, Tyrannosaurus rex, Amonite y Trilobite. Puedes hacerlo en la parte posterior de esta hoja.

Anexo 3. Láminas de fósiles de dinosaurios

Las imágenes presentes en este Anexo han sido extraídas de Internet y son propiedad de sus autores correspondientes.



Figura 13.1 Velociraptor skeleton
Fuente: Gojira (2018)

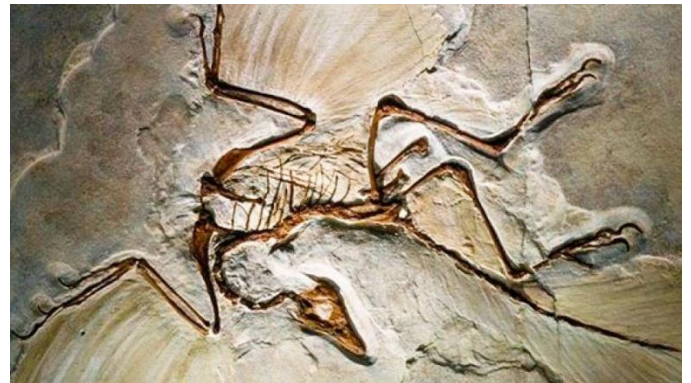


Figura 13.2 Fósil del ave Archaeopteryx
Fuente: Mier (2022)



Figura 13.3 Tyranosaur
Fuente: Predhistória (2016)



Figura 13.4 Espécimen de *T. peminensis* apodado "Bruce".
Fuente: Loozrboy (2010)



Figura 13.5 Museum für Naturkunde
Fuente: Shadowgate (2017)



Figura 13.6 Triceratops skeleton at National Science Museum in South Korea.
Fuente: Yoo Chung (2010)



Figura 13.7 Skeleton of the dromaeosaurid dinosaur Deinonychus at Field Museum of Natural History.
Fuente: Anselmo (2017)

Anexo 4. Imágenes recreativas de los fósiles

Las imágenes presentes en este Anexo han sido extraídas de Internet y son propiedad de sus autores correspondientes.



Figura 13.8 Los trilobites respiraban con sus patas, revela un nuevo estudio. National Geographic.

Fuente: Fischer (2021)

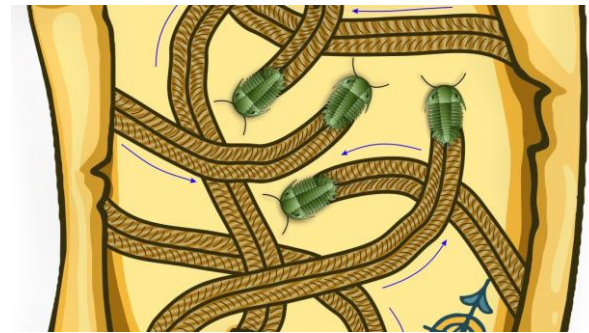


Figura 13.9 Ilustración de cruzianas.

Fuente: Casado y Muñoz (2020)



Figura 13.10 Kaprad'orosty

Fuente: Macháček (2013)

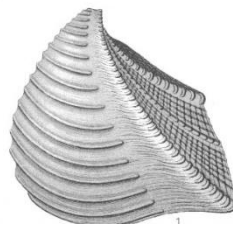


Figura 13.11 *Trigonía costata*

Fuente: Fraas (1910)



Figura 13.12 *Planorbis corneus*

Fuente: Martín (2020)

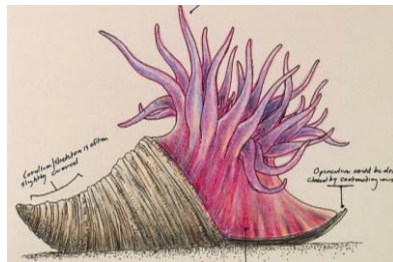


Figura 13.13 *Calceola*

Fuente: Elward (2018)



Figura 13.14 *Bittium simplex*

Fuente: Vila (2020)



Figura 13.15 *Carcharodon*

Fuente: Documentalium (2015)



Figura 13.16 *Nummulites* Evolution of Earth

Fuente: Amazon (2017)



Figura 13.17 *Dinocrocota*

Fuente: Pinterest @echidnaknigt (2021)

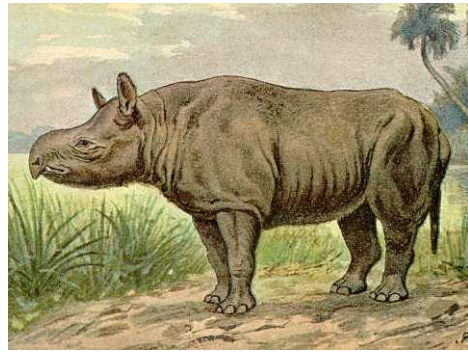


Figura 13.18 *Aceratherium*

Fuente: Harder (1920)



Figura 13.19 *Belemnite mar*

Fuente: Soca (2011)



Figura 13.20 *Cyrtospirifer verneuili*

Fuente: Dwergenpaartje (2011)



Figura 13.21 *Ammonites*

Fuente: Viñales (2013)



Figura 13.22 *Orthoceras sp.*,
nautiloide del Ordovicico

Fuente: El Independiente (2020)



Figura 13.23 Coral

Fuente: Pereyra (2018)



Figura 13.24 Fauna marina del Devónico

Fuente: Paleontología en Colombia (2015)



Figura 13.25 *Strongylocentrotus franciscanus*

Fuente: Onthank (2008)



Figura 13.26 Velociraptor, el raptor más famoso del mundo
Fuente: Dinoenix (2020)



Figura 13.27 Archaeopteryx
Fuente: Mier L. (2022)



Figura 13.28 Full-grown T. rex
Fuente: Zhao Chuang (2019)



Figura 13.29 ¿Sabías que este dinosaurio medía más de 25 metros de largo?
Fuente: Sánchez (2020)



Figura 13.30 *Triceratops Horridus*
Fuente: Redacción National Geographic (2010)



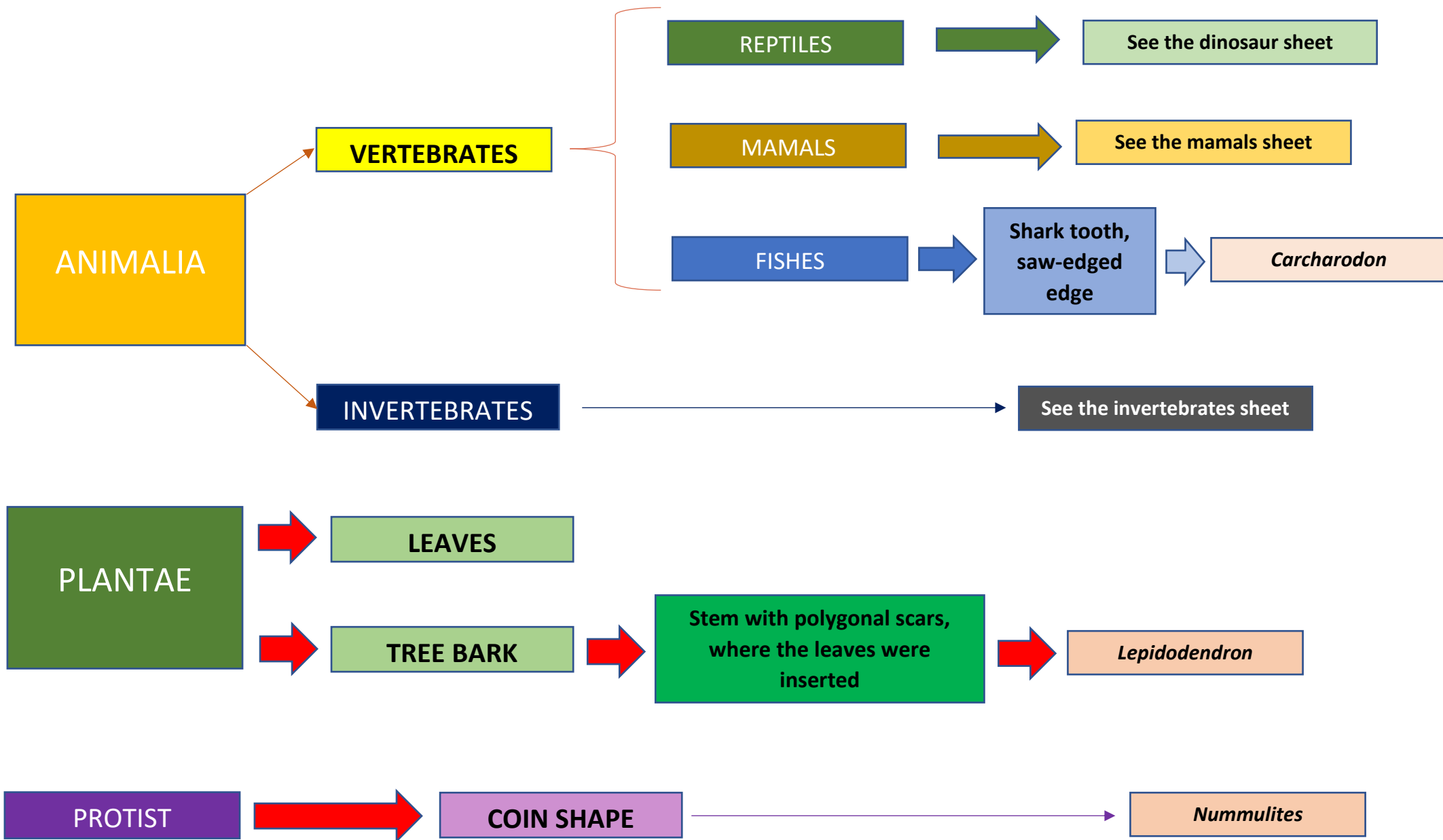
Figura 13.31 *Tylosaurus*
Fuente: BrainBerries.co (2010)



Figura 13.32 *Deinonychus ewilloughbyi*
Fuente: Willoughby (2014)

FOSSILS

Anexo 5. Guía de identificación



DINOSAUR SHEET

HERBIVORES

Large dinosaur with a very long neck.
Forelimbs longer than hind limbs

Brachiosaurus althitorax

Distinctive tricorn antlers

Triceratops

LAND CARNIVORES

Elongated skull and flat snout.

Velociraptor

The fossil shows the impression of the feathers. The nose resembles a beak

Archaeopteryx

Large skull with sharp teeth. Bipedal and short forelimbs.

Tyrannosaurus rex

Short, curved skull. With more than 60 sharp teeth

Deinonychus antirrhopus

AQUATIC CARNIVORES

Limbs adapted to aquatic environment.
Elongated skull. The body looks like a snake.

Tylosaurus

INVERTEBRATES SHEET

**HARDENED
CALCAREOUS
STRUCTURE**

ARTHROPODS

OTHERS

Bilateral symmetry and articulated appendages

Trilobulates

Trilobites

Groove with stretch marks

Cruziana

Cylindrical-conical form with operculum

Calceola

Porous or tabular cylindrical-conical form

Placosmilia

CORALS

**WITH
SHELL**

CEPHALOPODS

Shell forms a flat spiral

Ammonites

Elongated shell

Bullet-shaped shell

Belemnites

Torpedo-shaped shell with partitions

Orthoceras

GASTROPODS

Pearly snail shell

Planorbis

Conical spiral shell

Turritella

BIVALVES

Convex shell with a trigonal morphology, somewhat oval

Trigonia

Marked striae. Flat shells of different sizes

Spirifer

INVERTEBRATES SHEET

**WITH
PLATES**

Radial symmetry and oval shape

Conoclypeus

Long stem that ends in a calyx which is crowned with arms

Encrinus

MAMALS SHEET

HERBIVORES



Quadrangular, smooth molar. A zig-zag shape is generally observed inside it

Aceratherium

CARNIVORES



Typical canine dentition. Presence of serrated molars and canines.

Hyperhyaena

Anexo 6. Cronograma manipulable

Eonotema / Eón	Eratema / Era	Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma) actualidad	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Megalayense	↘	0.0042	
				Norfolkiense	↘	0.0082	
				Groeflandiense	↘	0.0117	
			Pleistoceno	Superior	↘	0.129	
				M	Chibaniense	↘	0.774
				I	Calabriense	↘	1.80
		Neógeno	Plioceno	Gelasiense	↘	2.58	
				Piacenziense	↘	3.600	
			Mioceno	Zancliense	↘	5.333	
				Messiniense	↘	7.246	
				Tortonense	↘	11.63	
				Serravaliense	↘	13.82	
	Langhiense			↘	15.97		
	Burdigaliense			↘	20.44		
	Aquitaniense			↘	23.03		
	Paleógeno			Oligoceno	Chattienense	↘	27.82
		Rupeliense	↘		33.9		
		Eoceno	Priabonense	↘	37.71		
			Bartoniense	↘	41.2		
			Luteciense	↘	47.8		
			Ypresiense	↘	56.0		
			Paleoceno	Thanetiense	↘	59.2	
				Selandiense	↘	61.6	
	Mesozoico	Cretácico	Superior	Daniense	↘	66.0	
				Maastrichtiense	↘	72.1 ± 0.2	
				Campaniense	↘	83.6 ± 0.2	
				Santoniense	↘	86.3 ± 0.5	
			Inferior	Coniaciense	↘	89.8 ± 0.3	
Turonense				↘	93.9		
Cenomaniense				↘	100.5		
Albiense				↘	~ 113.0		
Triásico		Superior	Aptiense	↘	~ 125.0		
			Barremiense	↘	~ 129.4		
			Hauteriviense	↘	~ 132.6		
			Valanginiense	↘	~ 139.8		
		Inferior	Berriasiense	↘	~ 145.0		
			Toumaiense	↘	~ 145.0		
			Viseense	↘	~ 145.0		
			Serpukhoviense	↘	~ 145.0		

Fanerozoico	Mesozoico	Jurásico	Superior	Titoniense	~ 145.0	
Fanerozoico	Mesozoico	Jurásico	Superior	Kimmeridgiense	152.1 ± 0.6	
				Oxfordiense	157.3 ± 1.0	
				Calloviense	163.5 ± 1.0	
			Medio	Bathonense	166.1 ± 1.2	
				Bajociense	168.3 ± 1.3	
				Aalenense	170.3 ± 1.4	
		Inferior	Toarciense	174.1 ± 1.0		
			Pliensbachiense	182.7 ± 0.7		
			Sinemuriense	190.8 ± 1.0		
			Hettangiense	199.3 ± 0.3		
			Rhaetiense	201.3 ± 0.2		
			~ 208.5			
	Triásico	Superior	Noriense	~ 227		
			Carniense	~ 237		
			Ladiniense	~ 242		
		Medio	Anisiense	247.2		
			Olenkiense	251.2		
			Induense	251.902 ± 0.1		
		Inferior	Changhsingiense	254.14 ± 0.1		
			Wuchiapingiense	259.1 ± 0.5		
			Capitaniense	259.1 ± 0.5		
			Guadalupiense	265.1 ± 0.4		
	Paleozoico	Pérmico	Roadiense	268.8 ± 0.5		
			Wordiense	272.95 ± 0.1		
			Kunguriense	283.5 ± 0.6		
			Artinskiense	290.1 ± 0.2		
		Cisuraliense	Sakmariense	293.52 ± 0.1		
			Asseliense	298.9 ± 0.1		
			Gzheliense	303.7 ± 0.1		
			Kasimoviense	307.0 ± 0.1		
	Paleozoico	Carbonífero	Pensilvánico	Superior	Gzheliense	303.7 ± 0.1
				Medio	Moscoviense	307.0 ± 0.1
				Inferior	Bashkiriense	315.2 ± 0.2
			Missisipico	Superior	Serpukhoviense	323.2 ± 0.4
				Medio	Viseense	330.9 ± 0.2
				Inferior	Toumaiense	346.7 ± 0.4
		Paleozoico	Silúrico	Wenlock	Sheinwoodiense	433.4 ± 0.8
				Llandovery	Telychiense	438.5 ± 1.1
				Aeroniense	440.8 ± 1.2	
			Ordovícico	Superior	Rhuddaniense	443.8 ± 1.5
				Himantiense	445.2 ± 1.4	
				Katiense	453.0 ± 0.7	
Paleozoico	Devónico	Superior	Sandbiense	458.4 ± 0.9		
			Darriwiliense	467.3 ± 1.1		
			Dapingiense	470.0 ± 1.4		
		Medio	Floiese	477.7 ± 1.4		
			Tremadociense	485.4 ± 1.9		
	Cámbrico	Furongiense	Piso 10	~ 489.5		
		Miaolingiense	Jiangshaniense	~ 494		
		Terreneuviense	Paibiense	~ 497		
		Guzhangense	~ 500.5			
		Drumiense	~ 504.5			
Paleozoico	Silúrico	Wenlock	Homeriense	430.5 ± 0.7		
		Llandovery	Aeroniense	438.5 ± 1.1		
		Rhuddaniense	443.8 ± 1.5			
	Ordovícico	Superior	Himantiense	445.2 ± 1.4		
		Katiense	453.0 ± 0.7			
		Sandbiense	458.4 ± 0.9			
Paleozoico	Devónico	Superior	Fameniense	372.2 ± 1.6		
		Frasniense	382.7 ± 1.6			
		Givetense	387.7 ± 0.8			
	Medio	Eifeliense	393.3 ± 1.2			
		Pragiense	407.6 ± 2.6			
		Lochkoviense	410.8 ± 2.8			
Paleozoico	Silúrico	Pridoli	419.2 ± 3.2			
		Ludlow	Ludfordiense	423.0 ± 2.3		
		Gorstiense	425.6 ± 0.9			
	Ordovícico	Superior	Himantiense	445.2 ± 1.4		
		Katiense	453.0 ± 0.7			
		Sandbiense	458.4 ± 0.9			
Paleozoico	Devónico	Superior	Fameniense	372.2 ± 1.6		
		Frasniense	382.7 ± 1.6			
		Givetense	387.7 ± 0.8			
	Medio	Eifeliense	393.3 ± 1.2			
		Pragiense	407.6 ± 2.6			
		Lochkoviense	410.8 ± 2.8			
Paleozoico	Silúrico	Pridoli	419.2 ± 3.2			
		Ludlow	Ludfordiense	423.0 ± 2.3		
		Gorstiense	425.6 ± 0.9			
	Ordovícico	Superior	Himantiense	445.2 ± 1.4		
		Katiense	453.0 ± 0.7			
		Sandbiense	458.4 ± 0.9			
Paleozoico	Devónico	Superior	Fameniense	372.2 ± 1.6		
		Frasniense	382.7 ± 1.6			
		Givetense	387.7 ± 0.8			
	Medio	Eifeliense	393.3 ± 1.2			
		Pragiense	407.6 ± 2.6			
		Lochkoviense	410.8 ± 2.8			
Paleozoico	Silúrico	Pridoli	419.2 ± 3.2			
		Ludlow	Ludfordiense	423.0 ± 2.3		
		Gorstiense	425.6 ± 0.9			
	Ordovícico	Superior	Himantiense	445.2 ± 1.4		
		Katiense	453.0 ± 0.7			
		Sandbiense	458.4 ± 0.9			
Paleozoico	Devónico	Superior	Fameniense	372.2 ± 1.6		
		Frasniense	382.7 ± 1.6			
		Givetense	387.7 ± 0.8			
	Medio	Eifeliense	393.3 ± 1.2			
		Pragiense	407.6 ± 2.6			
		Lochkoviense	410.8 ± 2.8			
Paleozoico	Silúrico	Pridoli	419.2 ± 3.2			
		Ludlow	Ludfordiense	423.0 ± 2.3		
		Gorstiense	425.6 ± 0.9			
	Ordovícico	Superior	Himantiense	445.2 ± 1.4		
		Katiense	453.0 ± 0.7			
		Sandbiense	458.4 ± 0.9			

Precámbrico	Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacárico	~ 541.0 ± 1.0
Precámbrico	Proterozoico	Neoproterozoico	Criogénico	~ 635
			Tónico	~ 720
		Mesoproterozoico	Esténico	1000
			Ectásico	1200
			Calímico	1400
			Estatérico	1600
	Paleoproterozoico	Orosírico	1800	
		Riácico	2050	
		Sidérico	2300	
		Neoarcaico	2500	
		Mesoarcaico	2800	
	Arcaico	Paleoarcaico	~ 3200	
			~ 3600	
		Eoarcaico	~ 3800	
			~ 4000	
Hádico	~ 4600			

Anexo 7. Hoja de respuestas

Asocia cada fósil propuesto con la imagen correspondiente e indica su nombre:

Tabla 13.1 Hoja de respuestas de prácticas

	Imagen recreativa del ser vivo n°/letra	Nombre del fósil	Periodo/Era
Fósil 1:			
Fósil 2:			
Fósil 3:			
Fósil 4:			
Fósil 5:			
Fósil 6:			
Lámina 7:			
Lámina 8:			
Lámina 9:			
Lámina 10:			

Anexo 8. Examen

1. Selecciona la respuesta correcta (solo una). Las respuestas incorrectas restarán $\frac{1}{4}$ del valor de la pregunta acertada (5 puntos).

1. Señala la afirmación correcta:

- a. Las explicaciones precientíficas establecían que los fósiles eran organismos del pasado extinguidos por diferentes catástrofes repentinas.
- b. Cuvier, principal representante del uniformismo, creía que los huesos de mamut eran grandes cíclopes del pasado.
- c. El catastrofismo es una teoría fijista que trataba de dar explicación al origen de los fósiles.
- d. Todas son falsas.

2. La principal diferencia entre explicación fijista y no fijista es:

- a. Los fijistas pensaban que los fósiles tenían propiedades curativas o mágicas.
- b. Los fijistas consideraban que Dios había creado todas las criaturas en un origen.
- c. Los no fijistas consideraban que Dios había creado todas las criaturas en un origen.
- d. b y c son correctas.

3. Los fósiles se pueden encontrar en las rocas:

- a. Sedimentarias
- b. Plutónicas
- c. Volcánicas
- d. Ningunas de las anteriores

4. Los fósiles son una herramienta fundamental en la interpretación del registro estratigráfico. En este contexto, los fósiles que proceden de organismos ubicados en un tiempo concreto se denominan:

- a. Fósiles facies
- b. Fósiles índice
- c. Rocas sedimentarias
- d. Huellas del pasado

5. Los fósiles son una herramienta fundamental en la interpretación del registro estratigráfico. En este contexto, los fósiles que proceden de organismos ubicados en un ambiente concreto se denominan:

- a. Fósiles facies
- b. Fósiles índice
- c. Rocas sedimentarias
- d. Huellas del pasado

6. La principal diferencia entre la datación relativa y la absoluta es:

- a. La datación relativa es más fiable que la absoluta, ya que me permite determinar la edad exacta de todas las rocas.
- b. La datación absoluta permite datar los estratos utilizando los fósiles.
- c. La datación absoluta utiliza isotopos radiactivos para determinar el origen de las rocas, pero solo es precisa aplicada a rocas ígneas.
- d. La datación absoluta utiliza isotopos radiactivos para determinar el origen de las rocas y es precisa en todas las rocas.

7. El principio básico de la estratigrafía que afirmaba que los fenómenos geológicos que ocurrían en el pasado son equivalentes a los de ahora, es:

- a. El principio de superposición
- b. El principio de horizontalidad original
- c. El principio de sucesión de fósiles
- d. El principio de actualismo

8. El principio básico de la estratigrafía que afirmaba que los estratos más profundos eran más antiguos que los superiores, es:

- a. El principio de superposición
- b. El principio de horizontalidad original
- c. El principio de sucesión de fósiles
- d. El principio de actualismo

9. Los procesos geológicos que pueden afectar a una cuenca sedimentaria y que pueden apreciarse en los cortes geológicos son:

- a. Plegamiento
- b. Falla

- c. Erosión
 - d. Todas las anteriores son correctas
10. Los dinosaurios vivieron en la era:
- a. Mesozoica
 - b. Paleozoica
 - c. Cenozoica
 - d. Periodo cuaternario
11. Un eón es una forma para medir el tiempo geológico y refleja eventos de importancia:
- a. Orogénica
 - b. En el registro fósil
 - c. Planetaria
 - d. Las glaciaciones
12. Los rastros que dejaban los trilobites en el fondo marino se llaman:
- a. *Trigonia*
 - b. *Placosmilia*
 - c. *Cruzianas*
 - d. *Ammonites*
13. Los *Ammonites* son un tipo de fósil índice de la era:
- a. Mesozoica
 - b. Paleozoica
 - c. Cenozoica
 - d. Periodo cuaternario
14. La era Mesozoica se divide en:
- a. Jurásico, Ordovícico y Neoceno
 - b. Triásico, jurásico y cretácico
 - c. Ordovícico, Devónico y Carbonífero
 - d. Pérmico, Silúrico y Paleogeno
15. Los siguientes dinosaurios: *Velociraptores*, *Tyranosaurus rex* y *Archaeopteryx*, tenían en común:
- a. Eran dinosaurios emplumados con similitudes a las aves actuales.

- b. Las evidencias científicas reflejan que carecían de plumas y todos tenían tamaños descomunales (mayores de 15 metros).
 - c. Ambas son incorrectas
 - d. Ambas son correctas
16. Señala la respuesta correcta:
- a. *Trilobites* era un reptil que vivió en el periodo jurásico.
 - b. *Trilobites* fue el artrópodo dominante de la era Paleozoica.
 - c. Los trilobites se extinguieron al final de Pérmico, cuando se produjo una extinción masiva.
 - d. b y c son correctas.
17. Los *Nummulites*:
- a. Fueron organismos marinos típicos del cenozoico
 - b. Son organismos unicelulares, un protozoo
 - c. Todas son incorrectas
 - d. Ambas son correctas
18. Un fósil con forma de bala pertenece a:
- a. *Belemnite*
 - b. *Ammonites*
 - c. *Trilobites*
 - d. *Nummulites*
19. Los mamíferos dominaron la era:
- a. Mesozoica
 - b. Cenozoica
 - c. Paleozoica
 - d. Todas las anteriores
20. Un fósil es:
- a. El resto de un organismo que vivió hace mucho tiempo y se encuentra preservado en roca
 - b. El resto de la actividad producida por el organismo que vivió hace mucho tiempo y se encuentra impresa en roca, como un rastro o una huella

- c. Ambas son correctas
- d. Ambas son incorrectas

2. Relaciona cada fósil con su era correspondiente, así como con el periodo en el que se extinguió. (2 puntos)

Tabla 13.2 Relación Fósil-Era-Extinción

Fósil	Era	Periodo extinción	Resultado
1. <i>Ammonites</i>	A. Paleozoico (x2)	I. Neógeno (x1)	1. ___ & ___
2. <i>Trilobites</i>			2. ___ & ___
3. <i>Tyrannosaurus rex</i>			3. ___ & ___
4. <i>Hyperhyaena</i>			4. ___ & ___
5. <i>Tylosaurus</i>	B. Mesozoico (x5)	II. Pérmico (x2)	5. ___ & ___
6. <i>Triceratops</i>			6. ___ & ___
7. <i>Belemnites</i>			7. ___ & ___
8. <i>Calceola</i>	C. Cenozoico (x1)	III. Cretácico (x5)	8. ___ & ___

3. Describe el siguiente corte geológico indicando sus diferentes fases de formación. Cita dos principios de la estratigrafía y explícalos (3 puntos).

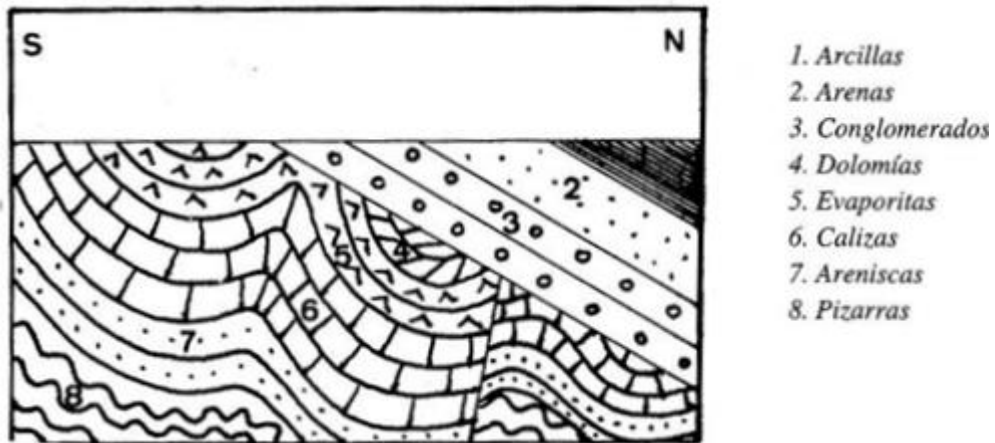
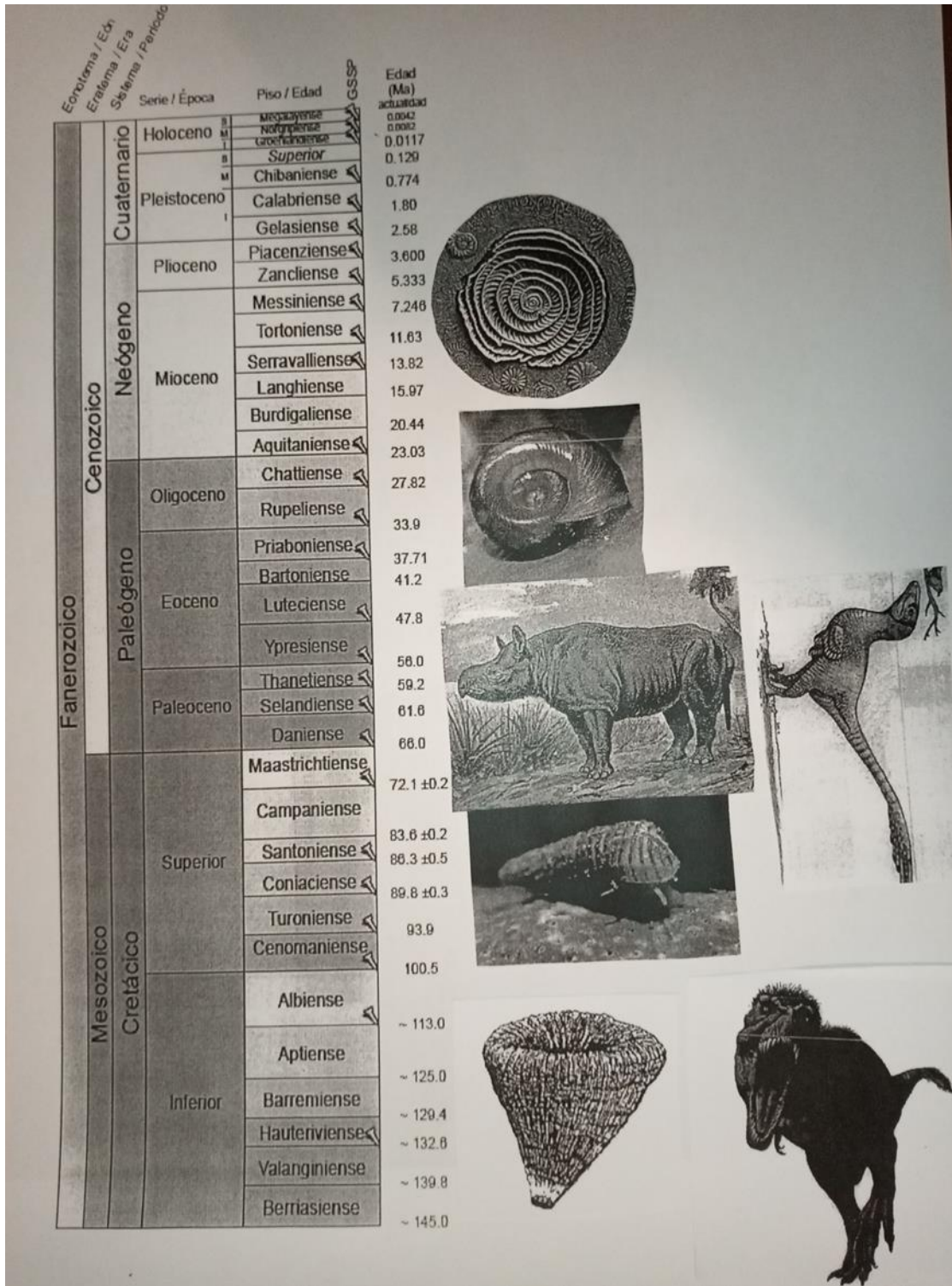


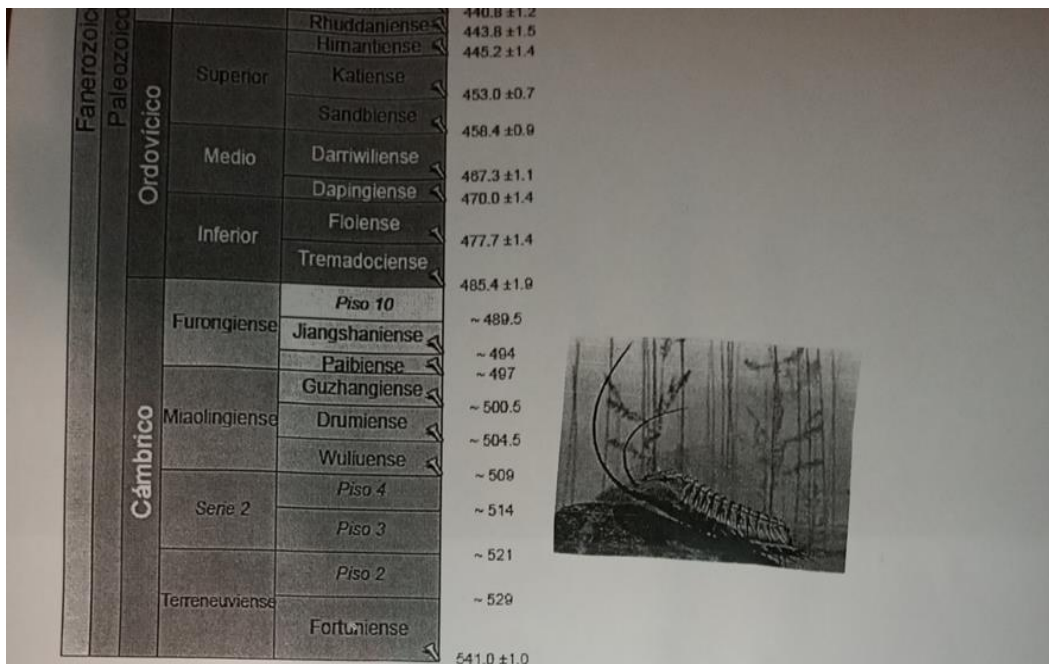
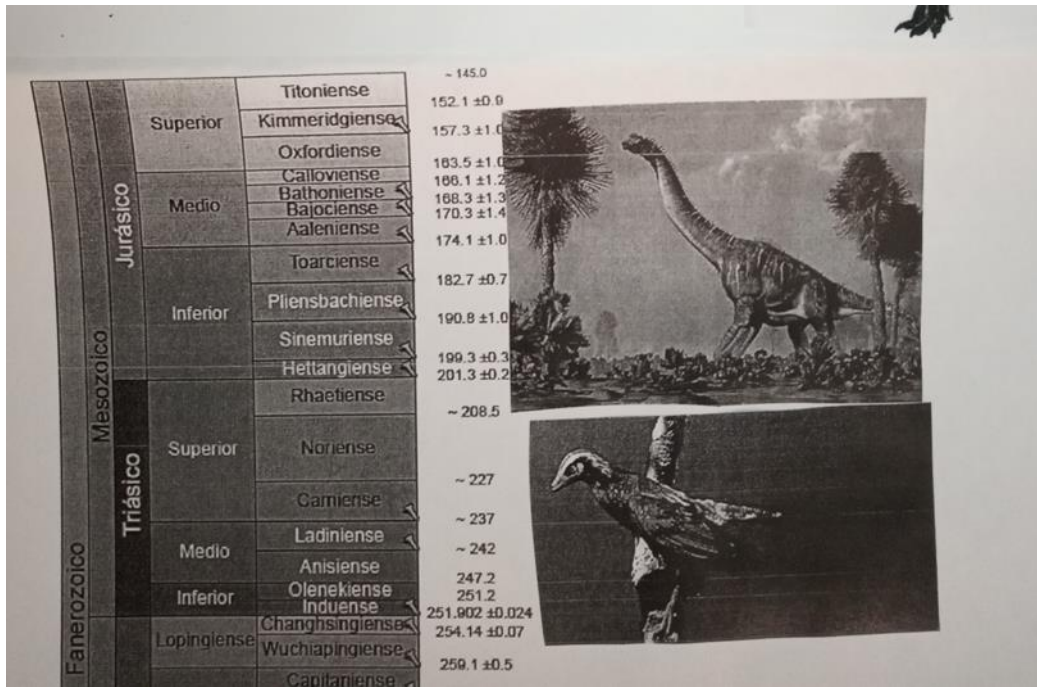
Figura 13.33 Corte geológico (Corte 8)

Fuente: Gonzalo Jiménez et al (1994)

La imagen presente en este Anexo ha sido extraída de Internet y es propiedad de su autor correspondiente.

Anexo 9. Cronograma realizado por los alumnos





14. ICONOGRAFÍA

Las imágenes presentes en los Anexos han sido extraídas de Internet y son propiedad de sus autores correspondientes.

- Amazon. (2017). Nummulites Evolution of Earth [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.amazon.es/NUMMULITES-Evolution-Earth-Moneda-Plata/dp/B06Y56MYG3>. Consultado: 08/06/2022.
- Anselmo, S. (2017). Skeleton of the dromaeosaurid dinosaur Deinonychus at Field Museum of Natural History [Fotografía]. Recuperado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FMNH_Deinonychus.JPG#filehistory. Consultado: 08/06/2022.
- BrainBerries.co. (2010). Tylosaurus [Fotografía]. Recuperado de: <https://brainberries.co/pt/animais/7-monstros-marinhos-pre-historicos-aterroizantes/#content>. Consultado: 08/06/2022.
- Casado, A.I. y Muñoz, F. (2020). Ilustración de cruzianas [Fotografía]. *Geología desde Ávila*. Recuperado de: <https://geolodiaavila.com/2020/10/30/fosiles-guia/>. Consultado: 08/06/2022.
- Dinoenix. (2020). Velociraptor, el raptor más famoso del mundo [Fotografía]. Recuperado de: <https://dinoenix.blogspot.com/2020/07/velociraptor-el-raptor-mas-famoso-del.html>. Consultado: 08/06/2022.
- Documentalium. (2015). Carcharodon [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.documentalium.com/2015/>. Consultado: 08/06/2022.
- Dwergenpaartje. (2011). Cyrtospirifer verneuili [Fotografía]. Recuperado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cyrtospirifer_verneuili_hinge.jpg. Consultado: 08/06/2022.
- El Independiente. (2020). Orthoceras sp, nautiloide del Ordovicico [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.elindependiente.com/futuro/2020/01/07/primera-gran-extincion-tierra-200000-anos/>. Consultado: 08/06/2022.
- Elward, L. (2018). Calceola [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.deviantart.com/prehistorybyliam/art/Calceola-756373123>. Consultado: 08/06/2022.

- Fischer, A. (2021). Los trilobites respiraban con sus patas, revela un nuevo estudio [Fotografía]. *National Geographic*. Recuperado de: <https://www.ngenespanol.com/ciencia/los-trilobites-respiraban-con-sus-patas-revela-un-nuevo-estudio/>. Consultado: 08/06/2022.
- Fraas, E. (1910). Trigonía costata [Fotografía]. *Paleontología virtual*. Recuperado de: <https://www.geovirtual2.cl/geoliteratur/Fraas/41-01TrigoníaCostataFraas.htm>. Consultado: 08/06/2022.
- Gojira. (2018). Velociraptor skeleton [Fotografía]. Recuperado de: <https://prehistoric-earth-a-natural-history.fandom.com/wiki/Velociraptor>. Consultado: 08/06/2022.
- Gonzalo, A., From, J., Gascuña A. (1994) Corte geológico (Corte 8) [Fotografía]. Cortes Geológicos: Construcción y Interpretación. *Edinumen*. Recuperado de: https://soclalluna.files.wordpress.com/2018/04/cortgeo_cap3_cortesresueltos.pdf Consultado: 09/06/2022.
- Harder, H. (1920). Aceratherium [Fotografía]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Aceratherium_1.jpg. Consultado: 08/06/2022.
- Macháček, D. (2013). Kaprad'orosty [Fotografía]. Recuperado de: <https://adoc.pub/kapraorosty-plavun-pesliky.html>. Consultado: 08/06/2022.
- Martín, L. (2020). Planorbis corneus [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.nascapers.es/anentome-helena-el-caracol-que-come-caracoles/>. Consultado: 08/06/2022.
- Mier, L. (2022). Fósil del ave Archaeopteryx [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.cinconoticias.com/animales-de-la-prehistoria/>. Consultado: 08/06/2022.
- Mier, L. (2022). Archaeopteryx [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.cinconoticias.com/animales-de-la-prehistoria/>. Consultado: 08/06/2022.
- Onthank, K L. (2008). Strongylocentrotus franciscanus [Fotografía]. Recuperado de:

- https://es.wikipedia.org/wiki/Strongylocentrotus_franciscanus#/media/Archivo:Strongylocentrotus_franciscanus.jpg. Consultado: 08/06/2022.
- Paleontología en Colombia. (2015). Fauna marina del Devónico: Crinoideos, Braquiópodos, Trilobites, Belemnites, Corales, Ammonites y Peces Placodermos [Fotografía]. Recuperado de: <http://lapaleontologiaencolombia.blogspot.com/2015/05/>. Consultado: 08/06/2022.
 - Pereyra, E. (2018). Coral [Fotografía]. Recuperado de: <https://docplayer.es/67730724-Cuadernillo-paleontologia-fosiles.html>. Consultado: 08/06/2022.
 - Pinterest @echidnaknigt. (2021). Dinocrocota [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.pinterest.co.kr/pin/747456869381006962/>. Consultado: 08/06/2022.
 - Predhistória. (2016). Tyransaurý [Fotografía]. Recuperado de: <https://predhistoria9.webnode.sk/krieda/tyransaurý/>. Consultado: 08/06/2022.
 - Redacción National Geographic. (2010). Triceratops Horridus [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/animales/triceratops-horridus>. Consultado: 08/06/2022.
 - Sánchez, R. (2020). ¿Sabías que este dinosaurio medía más de 25 metros de largo? [Fotografía]. *Muy Interesante*. Recuperado de: <https://flipboard.com/@flipboardespana/ciencia-68dfolbrIz/curiosidades-del-brachiosaurus/a-z30KaJ9OTT-teD3ek3IFiw%3Aa%3A130570571-8775946dc9%2Fmuyinteresante.es>. Consultado: 08/06/2022.
 - Shadowgate. (2017). Museum für Naturkunde [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/shadowgate/36556352434/>. Consultado: 08/06/2022.
 - Soca, L. L. (2011). Belemnite mar [Fotografía]. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Belemnite#/media/File:Belemnite_mar.jpg. Consultado: 08/06/2022.
 - Vila, M., (2020). *Bittium simplex* [Fotografía]. Universidad de Granada. Recuperado de: <https://litoraldegranada.ugr.es/el-litoral/el-litoral->

[sumergido/fauna/moluscos/gasteropodos/subclase-caenogastropoda/bittium-simplex/](#). Consultado: 08/06/2022.

- Viñales. (2013). Ammonites [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.ecured.cu/Archivo:Ammonites.jpg>. Consultado: 08/06/2022.
- Willoughby, E. (2014). Deinonychus ewilloughby [Fotografía]. Recuperado de: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Deinonychus_ewilloughby.png. Consultado: 08/06/2022.
- Yoo Chung. (2010). Triceratops skeleton at National Science Museum in South Korea [Fotografía]. Recuperado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Triceratops_skeleton_at_National_Science_Museum_in_South_Korea.jpg. Consultado: 08/06/2022.
- Zhao Chuang. (2019). Full-grown T. rex [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.businessinsider.es/tiranosaurio-rex-real-no-parecia-nada-parque-jurasico-388689>. Consultado: 08/06/2022.