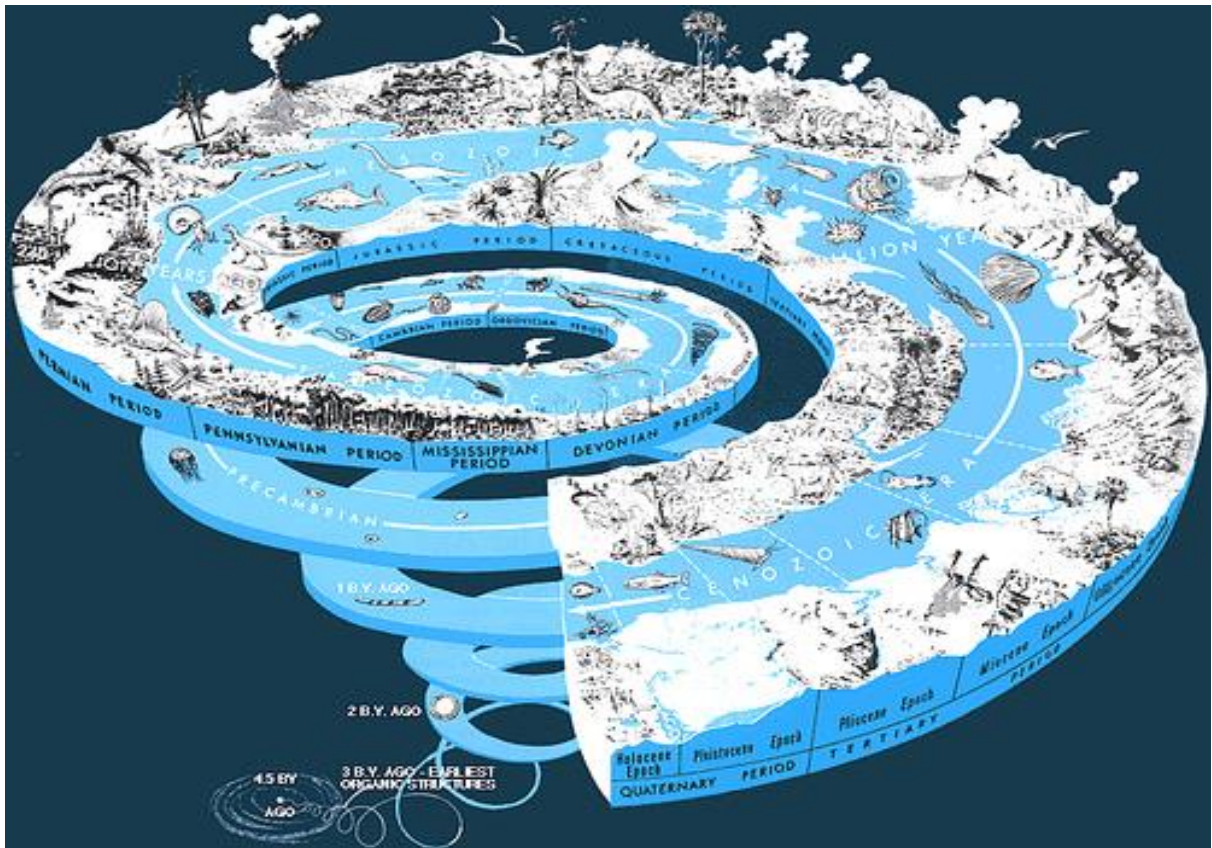


# La increíble historia de la datación de la Tierra: Un recurso didáctico interdisciplinar



**Trabajo de Fin de Máster**

**Pablo Romero Pérez de Villar**

Tutorizado por Antonio Manuel Eff-Darwich Peña

Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria  
Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de  
Idiomas (Interuniversitario). Septiembre 2020.

# Índice

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 ¿QUÉ ES LA DATACIÓN?.....	3
2.2 ¿QUÉ UTILIDADES PRESENTA LA DATACIÓN?.....	3
2.3 ¿QUÉ CIENCIAS Y QUÉ DISCIPLINAS INTERVIENEN EN LA DATACIÓN?.....	4
2.4 ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA DATACIÓN?.....	5
2.5 MÉTODOS DE DATACIÓN.....	5
2.5.1 MÉTODO DE DATACIÓN RELATIVA.....	6
2.5.2 FÓSILES GUÍA EN LA DATACIÓN RELATIVA.....	8
2.5.3 FÓSILES GUÍA COMO INFORMADORES.....	9
2.5.4 MÉTODO DE DATACIÓN ABSOLUTA.....	10
2.6 ¿SABEMOS LA EDAD DE LA TIERRA?.....	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. OBJETIVOS DEL TFM.....	18
5. ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE.....	19
6. POBLACIÓN DESTINO.....	28
7. METODOLOGÍA.....	28
7.1 PRIMERA SESIÓN.....	29
7.1.1 ADIVINA A DIVIDATA.....	30
7.1.2 ¿RELATIVO O ABSOLUTO? ESA ES LA CUESTIÓN.....	32
7.1.3 HISTORIA DE DATACIÓN DE LA TIERRA ¿VIEJOVEN? .....	39
7.2 SEGUNDA SESIÓN.....	45
7.2.1 ¡QUÉ SE TE VA LA PINZA!.....	46
7.2.2 FÓSIL PERDIDO.....	50
8. PRESUPUESTO DE LA INNOVACIÓN.....	59
9. ANCLAJE DEL DISEÑO METODOLÓGICO AL CURRÍCULUM.....	60
10. EVALUACIÓN.....	65
11. VALORACIÓN PERSONAL.....	70
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

# 1. Introducción

El presente trabajo titulado “La increíble historia de la datación de La Tierra: Un recurso didáctico interdisciplinar” constituye un contenido adicional, estrechamente relacionado con el curriculum de la asignatura de Biología y Geología para los cursos de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato. Este proyecto pretende fomentar un cambio en la metodología docente dentro de la enseñanza de las ciencias a través de la propuesta de posibles estrategias de enseñanza que impulsen el aprendizaje activo y la construcción crítica del conocimiento en el alumnado.

Este proyecto plantea la introducción de la geología y paleontología de la datación como un recurso válido y eficaz de enseñanza. Por otro lado, el presente trabajo persigue dar respuesta a uno de los grandes dilemas a los que el profesorado debe enfrentarse en el día a día como es la falta de motivación del alumnado, el abandono o rechazo a las ciencias por su dificultad debido al abstractismo en su marco teórico. Además, la enseñanza de las ciencias puede resultar aburrida, además de por su dificultad, por la carencia de un acercamiento cotidiano del contenido. Es por ello por lo que el alumnado no encuentre una utilidad en la Biología y Geología, prefiriendo asignaturas más asociadas con la sociedad y su realidad. Se debe añadir, sin duda, el componente y esfuerzo memorístico que exige la asignatura, generando desinterés por el aprendizaje.

Por los mencionados motivos, se exponen más adelante, las diferentes metodologías de aprendizaje aplicables que permiten implementar otra manera de enseñar y aprender ciencia.

Dichas metodologías, aplicadas a modo de situaciones de aprendizaje, no sólo están dirigidas al alumnado en cuestión sino al docente. Se debe recalcar la importancia del abandono de los métodos de enseñanza tradicionales y magistrales de la docencia consistentes en una pura clase magistral. La falta de motivación e innovación en el trabajo del profesorado puede traducirse en el desinterés y falta de motivación en el alumnado y como consecuencia en los malos resultados académicos. Se debe considerar el hecho que el rendimiento académico de la asignatura no está estrictamente relacionado a una falta en la capacidad o esfuerzo en el estudio por parte del alumnado.

Este trabajo tiene como objetivo proponer al profesorado nuevas formas de aplicar diferentes estrategias y métodos de enseñanza en las sesiones de la asignatura Biología y Geología de manera que puedan envolver al alumnado en nuevos formatos de aprendizaje, utilizando la geología y paleontología de la datación como recurso.

## **2. Antecedentes**

Las situaciones de aprendizaje sugeridas están basadas en una serie de metodologías de enseñanza y en un contexto teórico sobre el contenido que se pretende impartir al alumnado. Se considera por ello importante, conocer y desarrollar brevemente las bases teóricas de la datación.

### **2.1 ¿Qué es la datación?**

Definimos como datación al acto de atribuir un tiempo o una fecha pasada a un suceso o a un objeto.

A lo largo de la historia de la humanidad la datación ha sido utilizada dentro de la ciencia y la sociedad. En referencia a las ciencias, la datación ha sido altamente aplicada en la geología, la paleontología, la astronomía y la arqueología. Referente a otros campos, presentando una estrecha relación con la sociedad, la datación ha sido valorada en la historia y en criminología.

Sin duda, aun no estando el concepto de datación definido como lo conocemos actualmente, este ha estado presente durante el histórico progreso científico y social de nuestra especie, constituyendo un elemento de importante contribución.

A lo largo de esta publicación, nos hemos centrado en desarrollar un proyecto de innovación dirigido a la datación geológica de nuestro planeta, explicada posteriormente.

### **2.2 ¿Qué utilidades presenta la datación?**

La datación está presente en nuestro día a día. Establecer la fecha a una foto antigua de tu álbum, implica datar. Ello nos ayudará a recordar o activar recuerdos. Determinar la edad de un antiguo papiro, implica datar. Ello nos ayudará a conocer y

descifrar la historia. Realizar una datación radiométrica de un corte geológico nos facilitará la edad y la progresión geológica de dicho corte a lo largo del tiempo junto con la escala geológica (Dickin, 1995). Ello nos permitirá identificar pasados eventos geológicos, biológicos y climáticos. Además de fenómenos pasados, las dataciones geológicas darán pie a futuras predicciones, por ejemplo, en la variación del clima.

La datación no está ligada únicamente a nuestra historia y a la naturaleza que nos rodea. Está altamente relacionada, a su vez, con nuestra sociedad. Un claro ejemplo es la datación como una herramienta clave en criminalística que permitirá situar la fecha y la temporalización de los hechos (Martínez, 2017).

## **2.3 ¿Qué ciencias y qué disciplinas intervienen en la datación?**

Los procesos de datación no están sujetos a un único campo de la ciencia, sino que representa el resultado de la unión y cooperación de diversos campos científicos que aportan los elementos clave para llevar a cabo las diferentes dataciones existentes. Se puede definir a la datación por tanto como un proceso interdisciplinar.

Las principales ciencias que intervienen en el proceso de la datación geológica son la física, la química, la biología, la geológica y la paleontología. La física representa una ciencia muy amplia que abarca un extenso conocimiento. El estudio de la radiación y de los isótopos es la disciplina elegida para contribuir al proceso de datación. La química sigue los pasos de la física, enfocándose en las reacciones de los elementos y los isótopos radiactivos (Faure, 1986). Con respecto a la biología, la paleontología y la paleobiología, estas exhiben un papel relevante en la datación relativa. Finalmente, la geología presenta un pilar fundamental para el desarrollo de una datación a través del estudio de las rocas datadas, además del estudio de meteoritos (Hedman, 2007). Se debe mencionar la importante aportación de las matemáticas en todos los procesos de datación.

Durante el transcurso de este proyecto, se valorará la aportación individual de cada ciencia en el proceso general de la datación, incluyendo la datación geológica de nuestro planeta.

En referencia a otra clase de dataciones como las destinadas a la arqueología o la criminalística, la base de los procesos se asienta sobre disciplinas concretas de la química y la biología.

## **2.4 ¿Por qué es importante la datación?**

La importancia de la datación como proceso y herramienta se haya en los miles de fechas que ha podido aportar en términos generales, tanto para expandir nuestro saber sobre la evolución de nuestro planeta como para ser conocedores de nuestro pasado histórico, así como otras funciones dentro de la sociedad actual.

La importancia de la datación geológica y la datación radiométrica radica en sus métodos. Estos han podido suministrar miles de fechas que marcan diversos acontecimientos de la historia geológica de La Tierra. Además, la datación radiométrica ha reivindicado las grandes ideas de grandes científicos como Hutton, Darwin entre otros, quienes dedujeron hace 150 años que el tiempo geológico debía ser inmenso. De hecho, la datación radiométrica ha demostrado que ha habido tiempo suficiente para que los procesos geológicos que observamos hayan llevado a cabo fenómenos extraordinarios. Las unidades principales de la escala temporal se delinearon durante el siglo XIX, fundamentalmente por investigadores de Gran Bretaña y Europa occidental. Dado que entonces no se disponía de la datación absoluta, la escala temporal completa se creó utilizando métodos de datación relativa. No fue hasta el siglo XX donde se desarrollaron los métodos radiométricos que permitieron añadir fechas numéricas (Tarbut y Lutgens, 2005).

## **2.5 Métodos de datación**

Los métodos de datación son clasificados en dos tipos diferentes: los métodos de datación relativa y los métodos de datación absoluta.

### 2.5.1 Método de datación relativa

El método de datación relativa es un tipo de datación basado en la comparación de elementos entre los que se sabe que hay, o se presupone que hay, una relación de anterioridad y de posterioridad temporal.

Dentro de la geología, un ejemplo claro es el de la estratigrafía, donde se considera, que los niveles en un corte estratigráfico, denominados estratos, que se sitúan en la base son más antiguos, es decir, se formaron antes, que los estratos superiores, más cercanos a la superficie. El método de datación relativa debe su nombre debido al objetivo de establecer un orden cronológico de los sucesos y no situarlos en un momento cronológico preciso, otorgándole una edad.

El método de datación relativa se asienta en los siguientes principios:

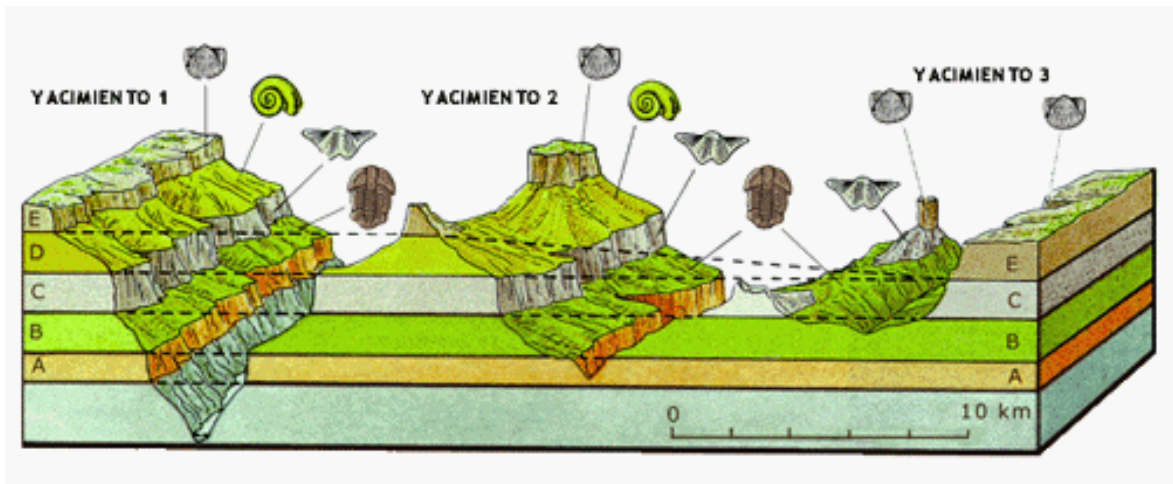
- **Principio de la horizontalidad original:** Propone que las capas de sedimentos se depositan de forma horizontal en el de las cuencas sedimentarias y, si no se ven afectadas por la acción de las fuerzas tectónicas, mantienen esta posición horizontal.
- **Principio de superposición de los estratos:** Propone que en una secuencia de estratos el más antiguo es el que se sitúa en la base y el más moderno el que se encuentra en el límite superior. Este principio no se cumple cuando los estratos se pliegan y se invierten.
- **Principio de continuidad lateral:** Afirma que los estratos se depositan horizontalmente y presenta la misma edad en toda su extensión.
- **Principio de sucesión faunística:** Propone que los fósiles contenidos en un estrato son de la época en la que se formó, por tanto, dos estratos que tengan los mismos fósiles tendrán la misma edad.
- **Principio de sucesión de acontecimientos:** Propone que todo fenómeno geológico es posterior a los estratos que afecta y anterior a aquellos que no afecta. Por ejemplo, si se observa un estrato plegado, el material geológico de ese estrato será más antiguo que el fenómeno del plegamiento.

- **Principios del uniformismo:** Propone que los procesos naturales que actuaron en el pasado son los mismos que actúan en el presente y que, además, actúan con la misma intensidad.
- **Principio del actualismo:** Propone que los procesos que tienen lugar en la actualidad (erosión, sedimentación, magmatismo, entre otros) son los mismos que han sucedido a lo largo de la historia geológica de la Tierra.

A lo largo de las situaciones de aprendizaje y actividades propuestas, el alumnado aplicará estos principios definidos para la datación relativa, centrándose especialmente en el principio de sucesión faunística. Dicho principio se erige sobre las siguientes bases científicas:

- Los estratos que se depositaron en diferentes épocas geológicas contienen distintos fósiles, debido a la naturaleza continua e irreversible de la evolución biológica.
- Los fósiles, en principio, presentan la misma edad que los estratos en los que se encuentran, por lo que según el Principio de superposición de estratos, los que estén en los estratos inferiores también serán más antiguos que los de los estratos superiores.
- Una vez se haya determinado la datación relativa de los fósiles, estos podrán ser utilizados para reconocer la edad relativa de estratos procedentes de diferentes lugares.
- Dado que los estratos que contienen un mismo tipo de fósil se depositaron en la misma época, si es conocida la antigüedad relativa del fósil, es posible estipular la antigüedad del estrato que lo contiene, aunque esté en otro lugar.



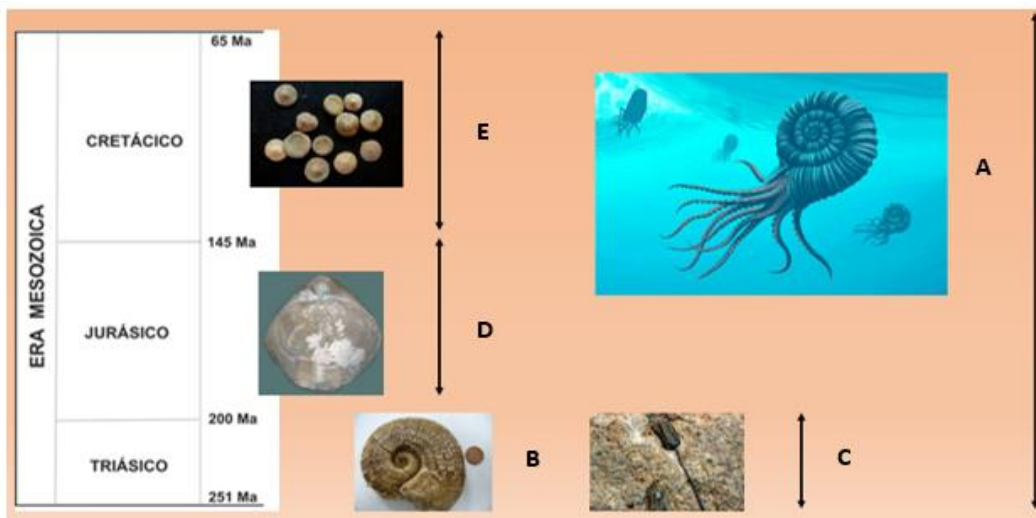


**Figura 1.** Diagrama de una secuencia estratigráfica donde sus estratos se prolongan a lo largo de kilómetros de distancia, conteniendo los mismos fósiles en distintos puntos geográficos, cumpliendo así el **Principio de Sucesión Faunística**.

Fuente: <http://www.biolocus.es/la-importancia-de-los-fosiles/>

### 2.5.2 Fósiles guía en la datación relativa

Se define como fósil guía a aquellos organismos fósiles que presentaron una amplia distribución geográfica, únicamente durante un intervalo de tiempo geológico



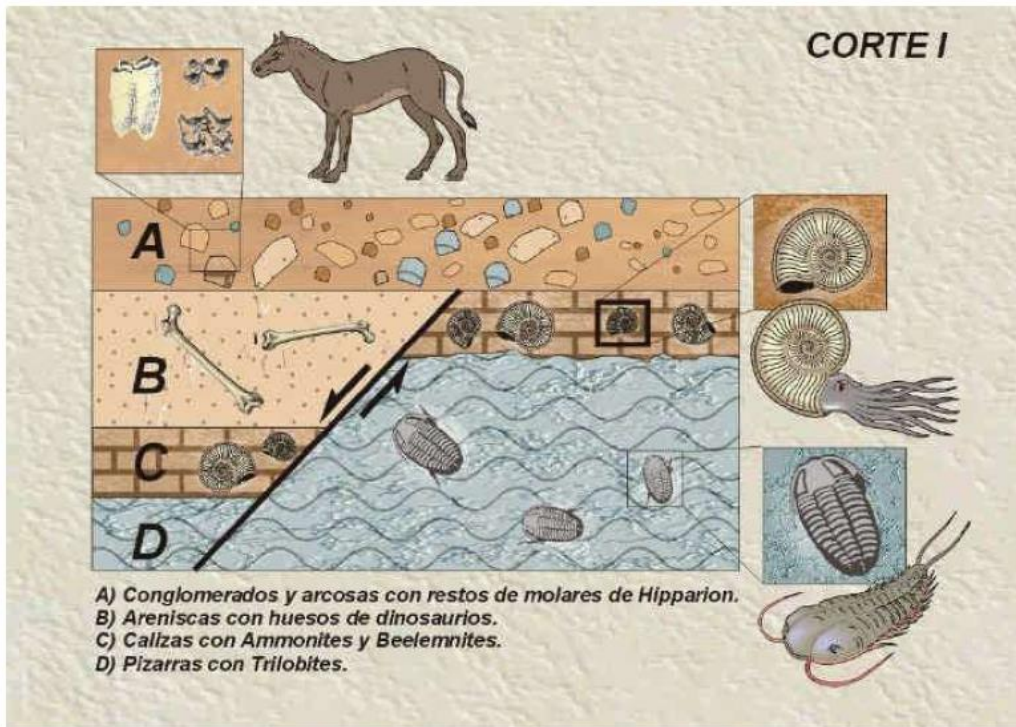
**Figura 2.** Distribución de los rangos temporales de los fósiles guía característicos de la era Mesozoica. Se puede interpretar que la subclase de moluscos cefalópodos extintos comúnmente conocidos como ammonites (**A**) existieron durante toda la era mesozoica. Dentro de los cefalópodos ammonoideos, el género *Ceratites* vivió durante el periodo del Triásico (**B**) al igual que los crinoideos pertenecientes al género *Encrinus* (**C**). Los braquiópodos terebrátulas (**D**) se expandieron a lo largo del Jurásico, mientras los foraminíferos orbitolinas durante el periodo del Cretácico (**E**). Creado por Romero, 2020. 8

### 2.5.3 Fósiles guía como informadores en la datación relativa

La presencia y el uso de los fósiles guía reside principalmente en la datación precisa de la unidad estratigráfica en la que se encuentra dentro de una secuencia geológica. Esto se debe al que los fósiles guía son particulares o exclusivos de una determinada época de la historia geológica del planeta. Además, los fósiles guía son utilizados para establecer la secuencia geocronológica de un corte estratigráfico, es decir, ordenar el tiempo geológico.

Es por ello por lo que los fósiles guía actúan como elementos informadores aportando datos como los detallados a continuación:

- La edad de un estrato. Si un estrato rocoso contiene restos fósiles de arqueociatos, que solo vivieron durante el Cámbrico inferior, dicho estrato debe de haberse formado durante ese periodo. En otras palabras, los fósiles guía ofrecen una datación absoluta y relativa.
- El clima de la zona durante el periodo de su formación. Es decir, información paleoecológica y paleoclimatológica de la región geográfica donde se encontraban. Si una especie concreta de coral vivía solo en mares cálidos, limpios y someros, los sedimentos que originaron la roca que contenga sus restos fósiles deberán haberse depositado y haberse expuestos a ese preciso clima.
- Las relaciones temporales entre estratos rocosos situados en lugares distintas localizaciones (**Principio de sucesión faunística**). Si dos estratos alejados contienen fósiles pertenecientes a los mismos taxones, probablemente se habrán formado durante la misma edad geológica.



**Figura 3.** Imagen que representa un corte estratigráfico con diversos fósiles guía presentes en sus estratos.

A través de estos fósiles guía se obtiene información sobre el clima de formación de cada estrato así como sus edades relativas.

Fuente:

[http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/tierra\\_cambia/historia\\_geologica/historia\\_geol\\_2.htm](http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/tierra_cambia/historia_geologica/historia_geol_2.htm)

### 2.5.4 Método de datación absoluta

Por otro lado, el método de datación absoluta consiste en un método de datación cuyo objetivo es establecer y definir la fecha o edad óptima de un material o un conjunto de materiales al igual que de un suceso o conjunto de sucesos.

Al igual que la datación relativa, la datación absoluta también se basa en una serie de principios científicos. Sin embargo, existen diversos métodos dentro de la datación absoluta dignos de mención que se diferencian en la técnica utilizada y en el rango de antigüedad que se desea determinar. Algunas técnicas permiten calcular edades geológicas muy recientes y no se suelen emplear en el ámbito de la geología, dado que son aplicadas en la arqueología.

**Datación por termoluminiscencia:** Se conoce como datación por termoluminiscencia a la capacidad que tienen algunos minerales como el cuarzo y los feldespatos para emitir luz al ser calentados. El origen de esta emisión es la imperfección de su estructura cristalina, que provoca que algunos electrones libres se sitúen en niveles energéticos superiores a su nivel fundamental (Arribas et al., 1989).

Cuando se produce un aporte de calor, parte de la energía se transmite a estos electrones, los cuales, si se superan un límite de energía pueden escaparse de la “trampa” estructural en la que se encontraban y descender a su nivel de energía más bajo o fundamental, emitiendo en ese momento la energía sobrante en modo de luz (la termoluminiscencia). El hecho de que los electrones sean situados en dichos estados energéticos es debido a la absorción de la energía procedente de la radiación ambiental. Se puede afirmar por lo tanto, que la cantidad de luz que se emite en el momento del calentamiento dependerá del tiempo que dicho material haya estado recibiendo radiación ambiental (Arribas et al., 1989).

Este método de datación absoluta se utiliza en los estudios relacionados con la arqueología, principalmente para la datación de las cerámicas.

**Datación por dendrocronología:** La dendrocronología es la ciencia que estudia los anillos de crecimiento de los árboles en relación con el tiempo. Se basa en el principio de que la anchura del anillo anual está muy influenciada por las condiciones en las cuales la planta ha crecido, particularmente por el clima. Cada año, las especies arborícolas generan un par de anillos, uno de color claro y otro de color oscuro, cuyo grosor depende de las condiciones ambientales en las que se ha desarrollado la especie. Si los individuos se han enfrentado a unas condiciones duras, tales como una sequía o un bajo rendimiento fotosintético, los anillos formados serán muy finos. Si las condiciones han sido favorables, los anillos serán más gruesos. Si se comparan los patrones de distintas especies, se puede hacer coincidir los anillos y determinar las condiciones climáticas en las que estas especies vivieron (Bernabei & Macchioni, 2009).

La dendrocronología es utilizada principalmente en estudios que comparan las maderas presentes en antiguas estructuras, determinando y datando con exactitud la edad absoluta de la madera empleada en una determinada construcción.

**Datación por estudio de varvas glaciares:** Las varvas glaciares son pares de estratos de pequeños grosores que se depositan en el fondo de los lagos de deshielo de un frente glaciar. Anualmente, se alternan dos tipos de estratos:

- Un estrato claro, limoso o arenoso. Dicho estrato se genera y deposita en primavera y otoño, con los sedimentos procedentes del glaciar.
- Un estrato oscuro, de arcilla y materia orgánica del lago. Se genera y deposita en invierno, cuando el lago se hiela.

Estudiando la variación anual en grosor de los estratos o varvas se desarrolló un método geocronológico de datación absoluta. Dicho método permitía correlacionar secuencias estratigráficas de diferentes puntos dentro de una región geográfica y obtener así datos sobre la climatología, los avances y los retrocesos de los glaciares de la zona.

**Datación radiométrica:** La datación radiométrica es un método de datación empleado para determinar la edad absoluta de rocas, minerales y restos orgánicos paleontológicos. Los métodos de datación radiométrica se utilizan en geocronología para establecer la escala temporal geológica. Entre las técnicas más conocidas se encuentran la datación potasio-argón, la datación uranio-plomo y la datación por radiocarbono. Esta última datación está basada en la desintegración del isótopo carbono 14 (McRae, 1998).

Como se ha mencionado, la datación absoluta, en concreto, la datación radiométrica se basa en un principio fundamental. El método radiométrico está basado en la radiactividad producida por la desintegración de núcleos de átomos de elementos químicos inestables (radioisótopos) que se transforman en otros elementos químicos estables. Esta transformación ocurre a un ritmo cuantificable que permite la datación de un material geológico o paleontológico concreto. La nombrada transformación tiene como consecuencia la liberación de energía.

A la hora de datar radiométricamente, cada elemento radioactivo o radioisótopo posee un tiempo de vida media o periodo de semidesintegración (T), definido como el tiempo que transcurre desde que la masa inicial de un elemento radiactivo se reduce a la mitad.

Periodos de semidesintegración transcurridos	% de núcleos originales sin desintegrar
0	100 % (ningún núcleo desintegrado)
1	50 % (se han desintegrado la mitad de los núcleos)
2	25 % (queda la mitad de la mitad de los núcleos sin desintegrar)
3	12,5 %
4	6,25 %
...	...

**Tabla 1.** Tabla representando la relación entre los periodos de semidesintegración transcurridos y el porcentaje de núcleos originales de un determinado isótopo radioactivo sin desintegrar. Se establece que por cada periodo de semidesintegración el porcentaje se reduce a la mitad.

Fuente: [https://biologia-geologia.com/BG4/542\\_datacion\\_absoluta.html](https://biologia-geologia.com/BG4/542_datacion_absoluta.html)

Existen diversos métodos de datación radiométrica modernos utilizados hoy en día, a continuación citados:

- **Datación por radiocarbono:** Método de datación radiométrica que utiliza el isótopo radioactivo Carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ) para determinar la edad de materiales que contienen carbono hasta unos 50 000 años. El  $^{14}\text{C}$  contiene un periodo de semidesintegración de 5730 años al descomponerse en Nitrógeno 14 ( $^{14}\text{N}$ ).
- **Datación por uranio-plomo:** El método de datación de uranio-plomo (U-Pb) es utilizado para datar rocas que se formaron y cristalizaron desde hace 1 millón de años hasta los 4500 millones de años. El método de datación uranio-plomo se basa en dos cadenas de desintegración, la serie de uranio de  $^{238}\text{U}$  a  $^{206}\text{Pb}$ , con un periodo de semidesintegración de 4470 millones de años y la serie del actinio de  $^{235}\text{U}$  a  $^{207}\text{Pb}$ , con un periodo de desintegración de 704 millones de años.
- **Datación por samario-neodimio:** La datación samario-neodimio es un método de datación radiométrica utilizado para determinar las edades de rocas y meteoritos. La técnica se basa en el decaimiento del isótopo samario (Sm), que

implica una desintegración alfa del  $^{147}\text{Sm}$  a  $^{143}\text{Nd}$  con un periodo de desintegración de 106 miles de millones de años. El contenido del isótopo Nd es utilizado para brindar información sobre el origen del material ígneo y su antigüedad.

- **Datación por potasio-argón:** La datación potasio-argón ( $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ ) es un método de datación radiométrica aplicado en geología y arqueología, siendo de utilidad para rocas o cenizas volcánicas. La serie presenta un periodo de desintegración de 1.300 millones de años.
- **Datación por rubidio-estroncio:** El método de datación mediante rubidio-estroncio es un método de datación radiométrica utilizado para determinar la edad de rocas y minerales a partir de las cantidades contenidas de isótopos de rubidio ( $^{87}\text{Rb}$ ) y de estroncio ( $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$ ). Este método se basa en la desintegración beta del  $^{87}\text{Rb}$  que decae al  $^{87}\text{Sr}$  con un período de semidesintegración de 48 800 millones de años.

## 2.6 ¿Sabemos la edad de la Tierra? ¿Cómo?

Las teorías e hipótesis que han sido planteadas sobre la edad de nuestro planeta a lo largo de la historia han sido diversas. Los medios y métodos de datación han sufrido una variación significativa en calidad y precisión, a la par con la evolución del método científico. Hoy en día, la tecnología actual nos permite obtener una datación fehaciente extraída del análisis de las rocas y el material geológico más antiguo del globo.

La datación geológica del planeta azul se ha realizado a través de diferentes metodologías, proponiendo distintas dataciones con ligera variación y mínimo margen de error entre estas. Finalmente, la hipótesis propuesta por John Rudge y colaboradores, donde se formulaba que la Tierra databa de 4540 millones de años  $\pm 1\%$  en 70 millones de años, fue la más aceptada (Rudge et al., 2010).

El mencionado estudio dató la Tierra a través de técnicas de datación radiométricas de material proveniente de meteoritos siendo consistente con la edad de las muestras más antiguas de materiales provenientes de la Tierra (Wilde, et al., 2001) y la Luna. Específicamente, la datación radiométrica aplicada sentó sus bases en el decaimiento de los isótopos de hafnio y tungsteno 182.

### 3. Justificación

La ciencia ha sido interpretada a lo largo de la historia de nuestra sociedad como una práctica para eruditos, dedicados enteramente al saber, a la explicación empírica y abstracta de los fenómenos a través de la ciencia y la filosofía. Se sabe y se ha demostrado a lo largo del registro histórico que dicha práctica ha evolucionado desde la filosofía clásica, pasando por el naturalismo metodológico y los orígenes del método científico hasta la ciencia moderna conocida hoy en día.

No obstante, me he percatado que la ciencia en la educación siempre parte de una premisa, en mi opinión, equivocada y poco eficiente. Este trabajo está basado en el estudio y observación del papel de la ciencia en la enseñanza a través de mis prácticas, junto con experiencias personales con relación a mi aportación a la ciencia.

La premisa a la que ciencia se ha enfrentado y aún sigue en conflicto dentro de las aulas posiciona al profesor como la persona que controla y conoce, otorgándole la figura de “sabio” mientras que al alumnado lo sitúa como un grupo que asimila y adquiere el contenido sin ninguna duda ni cuestionamiento, otorgándole la figura de “discípulo”.

En el periodo de la Grecia clásica, los filósofos constituían la clase social que ejercía y practicaba la ciencia y la filosofía como una actividad inherente al ser humano pero inalcanzable para el resto de la ciudadanía, que vivía en la ignorancia y no eran dignos de poseer el conocimiento. Durante este periodo, el maestro transmitía los conocimientos científicos y filosóficos como el auténtico saber, un dogma. El discípulo asentía y asimilaba los conocimientos, construyendo sus propias teorías en base a lo aprendido del maestro. Los filósofos creaban sus obras y explicaban diversos fenómenos, centrándose en los conocimientos teóricos más que en los diseños experimentales. A lo largo de este periodo, hubo presente una clara ausencia en la transmisión de conocimientos, actitudes e impulso de las aptitudes, es decir, una propia enseñanza sobre la ciencia y la filosofía. Los filósofos de la época legaban sus conocimientos e ideales e los inmortalizaban en textos, no obstante, no se transmitía su trabajo como una enseñanza a través de las escuelas de las distintas clases sociales.



Esta antigua idea se ha ido moldeando y evolucionando de diversas maneras, manteniendo la premisa anteriormente mencionada como base. Hoy en día aún podemos observar al profesorado de ciencias (Biología y Geología, Tecnología, Física y Química) impartir sesiones puramente teóricas, usando como guía los libros de textos o la pura teoría conceptual de los contenidos tratados. El docente comunica a través de un monólogo o un través de un texto presentado en un libro, una pizarra o una transparencia y el alumnado copia y asiente. Por otro lado, como consecuencia de esta permisiva metodología, el alumnado se aferra a la ley del mínimo esfuerzo y aspira a aprobar y no a aprender. Quiero decir, con esto, que el alumnado pierde el interés y la curiosidad por la ciencia y saber cómo funciona el mundo a su alrededor. Sin motivación por la ciencia, la formación de nuevos científicos y el auge del progreso científico-tecnológico se ve gravemente afectado. El alumnado prefiere estudiar o formarse en aquella materia que otorgue un empleo. Esta es la triste realidad de la que he sido testigo y quiero, con este trabajo, aportar una nueva metodología o una serie de situaciones de aprendizaje que permitan conceder a la ciencia en la enseñanza un nuevo camino en la transmisión de criterio científico a través de la teoría y la práctica.

La comunidad educativa lleva años exponiendo su descontento con la falta de motivación e interés por parte del alumnado hacia las asignaturas científicas. Lamentablemente, no debemos pretender que el alumnado llegue al aula con un interés o curiosidad inicial que le anime a adquirir nuevos conocimientos por voluntad propia. Este hecho debería indicar al profesorado que es necesario un cambio en las metodologías, dejando atrás la antigua metodología y buscar caminos alternativos que les permitirán fomentar el interés en su alumnado. Los tiempos han cambiado, así como los recursos y los materiales que pueden utilizarse. El alumnado es joven y conocedor de las nuevas tecnologías que les empapan de información y les genera rechazo a las sesiones tradicionales con libro y libreta.

Por los motivos descritos, propongo el desarrollo y realización de una situación de aprendizaje que incluya diversas metodologías y estrategias de aprendizaje que impulsen en el alumnado la adquisición de criterio científico, valores de cooperación y motivación por la ciencia. Entre estas metodologías de aprendizaje encontramos el

método del Aula Invertida (Flipped Classroom), el Aprendizaje Cooperativo, la Gamificación y el ABP (Aprendizaje Basado en el Pensamiento).

Entre los numerosos métodos de aprendizaje que se aplican hoy en día en todos los niveles educativos, considero estos cuatro como los más relevantes a introducir en la enseñanza de las ciencias, donde se ve incluida nuestra temática sobre la datación de la Tierra.

Considero este proyecto como innovador dado que introduce estrategias de aprendizaje como el Aprendizaje basado en el pensamiento a través de situaciones de aprendizaje adecuadas. Dado que la mayoría de las clases en ciencias se imparten a la manera tradicional, el alumnado se ve obligado a memorizar la información sin incorporar ninguna clase de conocimiento. Es por ello, que la mencionada estrategia, ayudará al alumnado a desarrollar un pensamiento eficiente y crítico, a tener autonomía y a convertir la información obtenida en conocimiento (contextualizar, analizar, relacionar, argumentar). Se relaciona esta estrategia docente con las competencias establecidas para el curriculum de Biología y Geología dictado por la ley de educación actual LOMCE. El desarrollo del aprendizaje basado en el pensamiento promulga la construcción del conocimiento a través de la competencia Aprender a aprender (AA):

“Esta competencia tiene que ver tanto con contenidos propios de la Biología y Geología, como con el desarrollo de actitudes positivas hacia el progreso científico. Existe un gran paralelismo entre determinados aspectos de la metodología científica y el conjunto de habilidades relacionadas con la capacidad de regular el propio aprendizaje, tales como plantearse interrogantes, analizarlos, establecer una secuencia de tareas dirigidas a la consecución de un objetivo, determinar el método de trabajo, la distribución de tareas cuando sean compartidas y, finalmente, ser consciente de la eficacia del proceso seguido.”

La enseñanza de las ciencias presenta una ligera tendencia a impulsar el individualismo y el prestigio propio. Por este motivo, la inclusión del aprendizaje cooperativo y la puesta en común de conocimientos en una clase resulta, bajo mi punto de vista, innovador, dado que no vemos frecuentemente actividades grupales o cooperativas en una clase magistral de ciencia. El desarrollo del aprendizaje cooperativo

vendrá de la mano de otra metodología de aprendizaje que no ha sido objeto de estudio como estrategia docente de manera intensiva en la impartición de ciencias. Hablamos del concepto de Aula Invertida, donde el alumnado tendrá disponibles a través de las nuevas tecnologías una serie de contenidos que podrán estudiar desde casa. De esta manera, modificamos la clásica imagen del docente y generamos un modelo pedagógico en el que los elementos tradicionales de la lección impartida por el profesorado se invierten, siendo el alumnado el que traiga el conocimiento al aula.

La clase invertida, sin duda, favorece las estrategias del aprendizaje cooperativas y la gamificación. Además, implica la optimización del tiempo de la sesión. Tiempo que suele perderse con introducciones y contextualización de la teoría.

Se debe tener en cuenta que la falta de motivación e implicación por parte del profesorado es también considerada un hecho que perjudica o influye negativamente en la enseñanza general y en la enseñanza de las ciencias y la Biología y Geología. Una parte de la docencia no está dispuesta a renunciar ni modificar sus métodos de enseñanza tradicionales. Por esta razón, el profesorado no debe actuar como un mero transmisor de información y conceptos, ciñéndose exclusivamente a la programación y curriculum escolar, abusando de recursos como el libro de texto, ignorando u omitiendo la relación del contenido con su aplicación social y evaluando a su alumnado según su capacidad memorística y no el esfuerzo y los conocimientos adquiridos. El papel del docente debe incluir tareas y objetivos como guiar al alumnado, orientar al alumnado en el conocimiento. El profesorado debe innovar, asimilar y poner en práctica nuevas estrategias y metodologías de enseñanza.

## **4. Objetivos del TFM**

### **Objetivos Generales**

- Diseñar una propuesta para el profesorado que valore la aplicación práctica del Aprendizaje Basado en el Pensamiento, el Aprendizaje Cooperativo, la Gamificación y el Aula Invertida como nuevas estrategias y métodos de enseñanza en la asignatura de Biología y Geología.

- Innovar en la enseñanza y elaboración de contenido didáctico caracterizado por el uso de las ciencias de la geología y paleontología como recurso, involucrando al alumnado en nuevos formatos de aprendizaje.
- Proponer y mostrar al profesorado una alternativa a la enseñanza magistral y tradicional de las ciencias, a través de la exposición de estrategias de enseñanza que fomenten la motivación y el interés del alumnado por el estudio de la Biología y Geología.

## **Objetivos Específicos**

- Conocer los métodos de datación y sus aplicaciones, así como conocer la datación de nuestro planeta y su edad actual absoluta.
- Comprender las bases teóricas del Aprendizaje Basado en el Pensamiento, el Aprendizaje Cooperativo, la Gamificación y la estrategia del Aula Invertida.
- Diseñar e implementar una estrategia didáctica que suponga una innovación en la enseñanza de las ciencias, alejada de la enseñanza magistral.
- Construir y aplicar situaciones de aprendizaje que permitan un mejor entendimiento y comprensión de la datación y sus procesos a través de los modelos del Aprendizaje Basado en el Pensamiento, el Aprendizaje Cooperativo, la Gamificación y la estrategia del Aula Invertida.
- Impulsar en el alumnado el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la obtención de rigor científico a través de las actividades propuestas.
- Exponer al alumnado el carácter interdisciplinar, la importancia y las distintas aplicaciones del proceso de la datación.

## **5. Estrategias de aprendizaje**

Las estrategias de enseñanza docente aplicadas durante en las actividades desarrolladas en este trabajo están compuestas por la Gamificación, el Aprendizaje Cooperativo, el Aula Invertida y el Aprendizaje Basado en el Pensamiento.

Se comentan a continuación las características de cada estrategia de aprendizaje.

## La Gamificación

La Gamificación es un concepto derivado de la palabra original inglesa “gamification” que a su vez está integrada por la palabra “game” cuya traducción al español es juego. Gamificación no es el único término utilizado para referirse a esta estrategia pedagógica. Otros nombres son utilizados como ludificación, juguetización y juegoificación, sin embargo, el término gamificación es la palabra más aceptada y utilizada (Valda & Arteaga, 2015).

Se define la gamificación como el uso de mecánicas, componentes y dinámicas propias de los juegos y el ocio en actividades no recreativas. Este concepto se asienta sobre tres características clave:

- **Dinámicas de juego:** Alude a las motivaciones internas que tiene el ser humano para jugar, entre ellas se encuentran las emociones, la narrativa, el sentido de progreso, el reconocimiento, la recompensa, la cooperación, el altruismo, la competencia. Las dinámicas del juego profundizan en las razones que impulsan al ser humano a participar en un juego (Valda & Arteaga, 2015).
- **Mecánicas del juego:** Representan a las reglas y retos que propone el juego. Se pueden mencionar entre ellas las comparativas y clasificaciones, los niveles, las respuestas (feedback), los premios, las transacciones, los turnos, los estados de juego de victoria, entre otros (Valda & Arteaga, 2015).
- **Componentes del juego:** Constituyen los elementos base que dan estructura a un juego. Se pueden mencionar algunos elementos que son usados en distintos tipos de juegos: los logros, los avatares, las insignias, colecciones, combate, desbloqueo de contenidos, regalos, tablas de líderes, niveles, puntos, conquistas, gráficas sociales y equipos (Valda & Arteaga, 2015).

La gamificación tiene como objetivo dentro de su procedimiento, conocer y realizar una retroalimentación de los resultados obtenidos. Con motivo de implementar la gamificación se han definido las siguientes etapas o pasos (Yu-kai, 2013):

- **Descubrimiento:** Introducción del juego, presentando las reglas, los componentes, las mecánicas a seguir y la narrativa del juego.

- **Entrenamiento:** Enfrentar al alumnado a una situación sencilla de resolver, con el objetivo de engancharlo al obtener sus primeros logros y que comprenda cómo funciona el juego.
- **Andamiaje:** Dirigir el proceso que se experimenta en la actividad mediante estructuras como guías y retroalimentación. La finalidad es mantener el interés del alumnado a través del equilibrio entre la dificultad del reto y la habilidad de cada individuo.
- **Dominio del juego:** Crear las condiciones adecuadas para que el alumnado avance en el juego mediante la adquisición de nuevas habilidades y conocimientos.

Herberth Alexander Oliva nos describe en su estudio las ventajas de la gamificación desde el punto de vista del alumnado y del docente (Oliva, 2016).

Desde la perspectiva del alumnado las ventajas son:

- Busca premiar y reconocer el esfuerzo empleado por el alumnado durante el abordaje de su proceso de aprendizaje.
- El uso de la gamificación ayuda al alumnado a identificar fácilmente sus avances y progresos de su propio aprendizaje.
- La gamificación ayuda a mejorar el rendimiento y desempeño individual a través del acercamiento de tecnologías y dinámicas integradoras.

Desde la perspectiva del docente las ventajas son:

- Estimula la implementación del trabajo en equipo y del aprendizaje colectivo cuyo propósito mejorar la dinámica de aprendizaje en el interior del aula.
- La gamificación dosifica el aprendizaje con gran efectividad y motiva al estudiante a obtener mejores resultados académicos.

## **El Aprendizaje Cooperativo**

El Aprendizaje Cooperativo tiene como pilar fundamental el agente educativo del alumnado, siendo este el principal responsable de su propio aprendizaje (Fortanet et al., 2013).

La definición de esta metodología de enseñanza ha ido variando. Algunos autores la definían como la confección de una serie de estrategias instruccionales, que incluyen la interacción cooperativa entre los individuos de una clase, sobre algún tema o ejercicio planteado por el docente (Kagan, 1991). Otros autores matizan que la cooperación entre el alumnado influye no sólo en la búsqueda de su beneficio, materializado en la adquisición de conocimientos; sino también en los aportes que realiza al grupo contribuyendo al bien común (Johnson & Johnson, 1991).

Así pues, podríamos definir el aprendizaje como aquel método pedagógico basado en el trabajo en equipo cuya finalidad es alcanzar determinados fines u objetivos comunes, como son la adquisición de conocimientos, y en los que intervienen y son responsables todos y cada uno de los participantes del equipo.

Según González Fernández & García Ruiz (2007) el aprendizaje cooperativo trata de implementar la superación de determinadas “lagunas” generadas con la aplicación exclusiva de técnicas tradicionales de aprendizaje grupal, interesadas más por los resultados que por el rendimiento, la responsabilidad grupal más que la individual, grupos homogéneos más que heterogéneos, líderes únicos en vez de liderazgos compartidos.

El autor Spencer Kagan describía cuatro principios básicos del aprendizaje cooperativo, denominados conjuntamente PIES:

- **Interdependencia Positiva (Positive Interdependence):** La estructuración de los objetivos y las finalidades del aprendizaje deben construirse y ponerse en práctica de manera que cada miembro del alumnado tiende a interesarse por el rendimiento de los miembros compañeros como de su propio aprendizaje. Los integrantes de un grupo de trabajo o equipo adoptan como objetivo común el aprender y ayudar a aprender. Cada grupo define y reparte los roles a conveniencia para el correcto funcionamiento del equipo. La carga de trabajo es distribuida de manera de cada miembro tenga las mismas ciertas tareas a realizar así como responsabilidades en base a sus capacidades, habilidades y aptitudes.
- **Responsabilidad individual (Individual Accountability):** Dentro de los grupos de aprendizaje cooperativo, tanto individualmente como grupalmente, cada uno de

los participantes de un equipo recibe un feedback del progreso del resto de miembros y del grupo en general. De esta manera, el grupo tiene la capacidad de implementar ayudas propias entre sus integrantes.

- **Participación igualitaria (Equal participation):** Para asegurar la participación igualitaria, es necesario implementar técnicas que estructuren la actividad de manera que esta participación sea real.
- **Interacción simultánea (Simultaneous Interaction):** Este principio hace referencia a la interacción entre los componentes de un grupo antes de realizar y durante el desarrollo de la actividad. El grupo discute la mejor forma de llevar a cabo la actividad y optimizar su rendimiento, ayudándose los unos a los otros, motivándose y animándose.

El aprendizaje cooperativo presenta dos características principales (Pliego, 2011):

- **Un elevado grado de igualdad:** Dicha igualdad viene provocada por la simetría presenta en los papeles desempeñados por los diferentes miembros de un grupo.
- **Un elevado grado de comunicación o mutualidad:** Esta característica se centra en la conexión entre los miembros de un equipo a través de la buena comunicación, generando una mutualidad. Esta conexión se verá mejorada si hay una adecuada planificación, una discusión o debate eficiente entre los participantes, un favorable intercambio de roles y una correcta división del trabajo.

Una diversa bibliografía ha descrito y discutido las ventajas del aprendizaje cooperativo (García et al., 2001). No obstante, cabe destacar especialmente las siguientes ventajas (González & García, 2007):

- El aprendizaje directo de actitudes y valores
- La mejora de la motivación escolar
- La práctica de la conducta prosocial
- La pérdida progresiva de egocentrismo
- El desarrollo de una mayor independencia y autonomía

A su vez, el aprendizaje cooperativo presenta dificultades que pueden surgir:



- Espacios y aulas inadecuadas para el desarrollo de trabajos en grupo.
- Dificultad para seleccionar las actividades apropiadas.
- El tiempo empleado para corregir y evaluar se incrementa.
- Absentismo escolar ante los exámenes.
- Falta de experiencia del profesorado.
- Individualismo del profesorado.
- Excesivo número de alumnos por aula.
- 

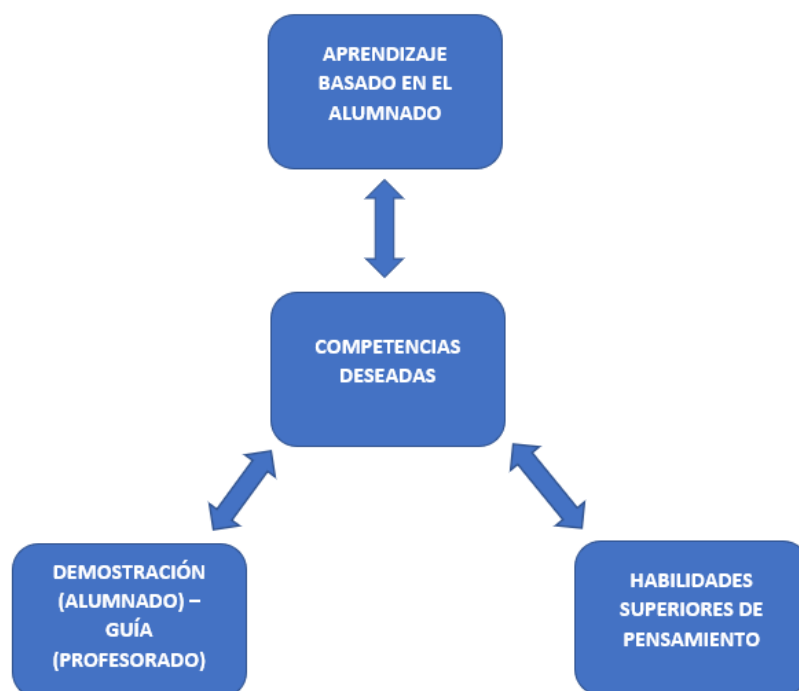
## **El Aula Invertida**

Flipped classroom es una expresión inglesa que, literalmente, puede ser traducida como “clase al revés”. Este nuevo término sirve para definir una nueva metodología docente donde las tareas que antes se hacían en casa, ahora se realizan en clase y, a la inversa.

El método del aula invertida puede definirse como un modelo que pretende invertir los momentos y roles de la enseñanza tradicional, donde la sesión lectiva impartida por el docente, pueda ser atendida en horas fuera de clase por el alumnado mediante herramientas multimedia; de manera que las actividades de práctica, usualmente asignadas para el hogar, puedan ser ejecutadas en el aula a través de métodos interactivos de trabajo colaborativo, aprendizaje basado en problemas y realización de proyectos (Coufal, 2014; Lage, et al., 2000; Talbert, 2012).

El potencial de esta estrategia de enseñanza radica en que el tiempo invertido en explicar la materia, por ejemplo a través de la clase magistral, queda relegado al trabajo que el alumnado se permite hacer tranquilamente en casa a través de grabaciones en un vídeo, en una presentación narrada en Power Point o través de la búsqueda de su propia información. Los materiales proporcionados o la investigación realizada por el propio alumnado pueden ser visionados y estudiados por cada individuo en su propio domicilio, pudiendo repasar y revisar el contenido sin limitaciones. Así pues, las “tradicionales tareas” que el docente explica en el aula y que luego deben ser elaborados por el alumnado en casa, ya que en clase no hay tiempo suficiente debido al

empleado en explicar la materia, pueden ser realizadas en la propia aula (Fortanet et al., 2013).



**Figura 4.** Componentes principales del aula invertida. Creado por Romero, 2020 a partir de Bristol, 2014.

El modelo del aula invertida considera como elemento central la identificación de las competencias que se pretende que el alumnado desarrolle. El docente en cuestión debe clasificar los contenidos que requieren ser aprendidos por instrucción directa (videos, textos, contenido multimedia) y aquellos que se sitúan mejor en la propia experimentación e investigación de los contenidos por parte del alumnado. Para poder llegar a los objetivos planteados se debe proceder con una metodología centrada en el alumnado; lo que conlleva a la planificación de tareas activas y colaborativas que impliquen el despliegue de actividades mentales superiores dentro del aula, donde el docente funcione como auxiliar o apoyo. Además, se requiere que desde el inicio del ciclo la clarificación al alumnado de los objetivos, la estructuración de la sesión (Martínez-Olvera et al., 2014).

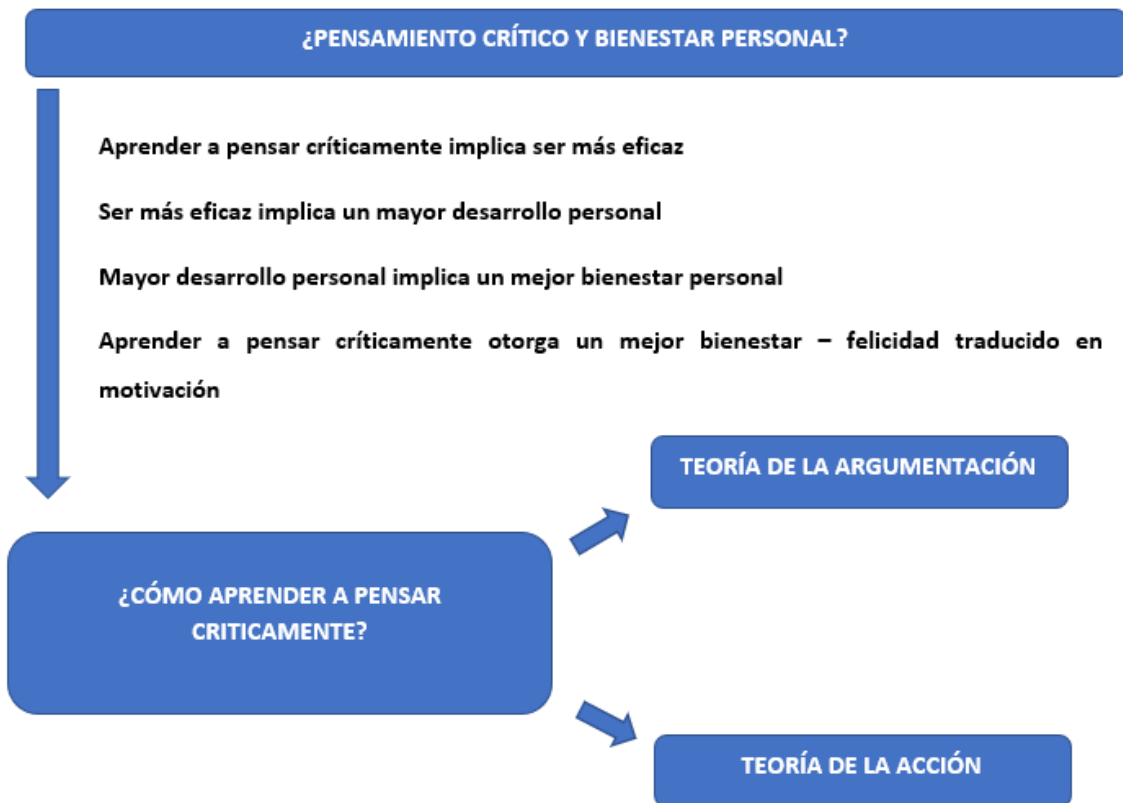
## El Aprendizaje Basado en el Pensamiento

El pensamiento eficaz hace referencia a la aplicación competente y estratégica de destrezas de pensamiento y hábitos de la mente productivos que nos permiten llevar a cabo actos meditados de pensamientos, como tomar decisiones, argumentar y otras acciones analíticas, creativas o críticas. Los individuos que son capaces de pensar con eficiencia pueden emplear, y de hecho emplean, esas destrezas y hábitos por iniciativa propia, y son capaces de monitorizar su uso cuando les hace falta (Swartz et al., 2014). El pensamiento eficaz puede ayudar a alcanzar la meta del ser humano de conocer y comprender el mundo que nos rodea, así como de actuar con sensatez, apoyándose en ese conocimiento y esa comprensión. El pensamiento está compuesto por los siguientes elementos (Swartz et al., 2014):

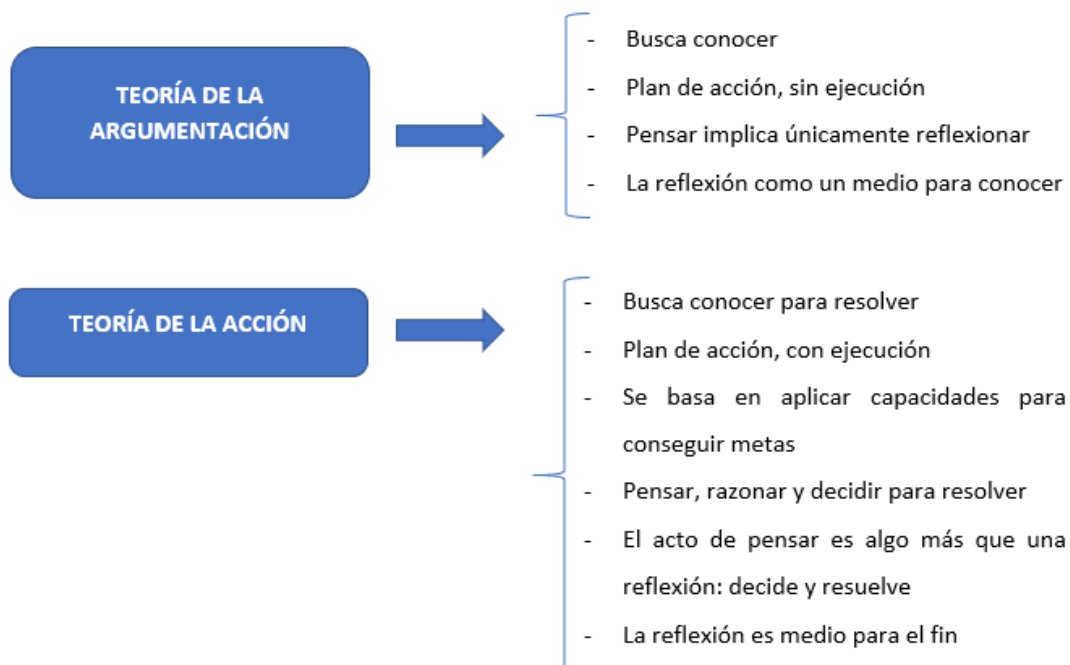
- **Destrezas de pensamiento:** Emplear procedimientos reflexivos específicos y apropiados para un ejercicio de pensamiento determinado.
- **Hábitos de la mente:** Conducir estos procedimientos para dar lugar a conductas de reflexión amplias y productivas relacionadas con el hecho de pensar.
- **Metacognición:** Realizar destrezas de pensamiento y hábitos mentales basándonos en la valoración de lo que se pide o pregunta y en la planificación para llevarlo a cabo.

El pensamiento eficaz implica la aplicación planificada, correcta y coherente de los procedimientos adecuados para una tarea que requiera que pensar, sin saltar u omitir ninguna operación clave, apoyándose en las actitudes reflexivas adecuadas y en el conocimiento relevante en la materia. Cuando se está acostumbrado a pensar detenidamente sobre distinto contenido, este proceso es automático (Swartz et al., 2014).

Un estudio pedagógico reflexiona sobre el pensamiento crítico y eficiente, comparándolo con el bienestar o crecimiento personal del alumnado generando la siguiente figura (**Figura 5**) definiendo así dos enfoques sobre el pensamiento crítico (**Figura 6**) (Sánchez & Rivas, 2012).



**Figura 5.** Aprender a pensar críticamente. Modificado de Sánchez & Rivas, 2012 por Romero, 2020.



**Figura 6.** Enfoques del pensamiento crítico. Modificado de Sánchez & Rivas, 2012 por Romero, 2020

## 6. Población destino

La situación de aprendizaje propuesta en este proyecto va dirigida a los cursos de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato para la asignatura de Biología y Geología. Ambos cursos tienen incluido en el curriculum contenidos en Geología estrechamente relacionados con la datación. Dichas nociones obtenidas a través del temario asientan la base y facilitan la correcta comprensión, participación y desarrollo de la metodología sugerida en este trabajo.

## 7. Metodología

Propuesta: La datación en la ciencia a través de la gamificación, el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en el pensamiento y el método del aula invertida

A lo largo de esta propuesta, se realizará una introducción al mundo de la datación a través de una presentación que expondrá diversos juegos y actividades a realizar. El objetivo de esta propuesta es introducir al alumnado en el concepto de datación abarcando sus métodos, sus utilidades, su importancia histórica y su carácter científico interdisciplinar. Se establece, además, como objetivo, que el alumnado posea más conocimiento sobre el propio planeta en el que viven. Se pretende con esta propuesta, el diseño de una situación de aprendizaje o serie de estrategias didácticas que emplean metodologías de construcción del conocimiento.

La propuesta sugerida será dividida en dos sesiones de 60 minutos de duración cada una, donde durante la segunda sesión, se dedicarán unos minutos de reflexión sobre el aprendizaje obtenido por parte del propio alumnado, una reflexión de la actitud y el interés del alumnado con respecto a la sesión desarrollada y, por último, una valoración del alumnado sobre la situación de aprendizaje vivida.

## 7.1 Primera sesión: ¿Qué es la datación? - Adivina adividata; Métodos de datación - ¿Relativo o absoluto? Esa es la cuestión; Historia de la datación de la Tierra ¿Viejoven?

Todo contenido o materia necesita una introducción y una adecuada contextualización. Con dicho objetivo, se ha elegido una sencilla definición de datación: “Datar es determinar la fecha en la que sucede o surge una cosa o acontecimiento”.

A través de esta definición, se pueden exponer claros y sencillos ejemplos como la fecha de un cumpleaños o edad de algún familiar. Se considera relevante resaltar las numerosas aplicaciones que la datación presenta en la ciencia y la sociedad, poniendo como ejemplos, la datación de un fósil, una roca, un papiro antiguo o la fecha de un evento histórico importante.



**Figura 7.** Ejemplo de una posible transparencia didáctica del concepto de datación, apoyado por ejemplos prácticas a través de imágenes. Creado por Romero, 2020.

### 7.1.1 ¿Qué es la datación? - Adivina adividata

**Duración:** La duración del apartado será de 10 minutos totales, de los cuáles, 5 minutos máximos serán dedicados al juego propuesto y 5 minutos serán dedicados al marco teórico narrado anteriormente (definición de datación, aplicaciones y usos, ejemplos prácticos).

Una vez se ha expuesto la definición, apoyada y reforzadas con ejemplos cotidianos, se anima el alumnado a conocer las utilidades y aplicaciones de la datación, aplicando su propia datación personal.

Se implementa aquí la metodología docente antes explicada de la gamificación a través de la propuesta del juego “Adivina adividata”.



**ADIVINA ADIVIDATA**

**Duración del juego:** 5 minutos máximos

Este juego animará al alumnado y despertará su capacidad de datar objetos o eventos a través de sus conocimientos, la lógica y la intuición. Además, permitirá al alumnado optimizar el uso del tiempo y competir entre los integrantes de la clase a modo de reto para averiguar quién data con mayor precisión y rapidez.

**Metodología del juego:**

1. Se le mostrará al alumnado un conjunto de posibles valores de datación (días, años, decenas de años, cientos de años, miles de años, millones de años) en una

- pequeña tarjeta individual (**Anexo 1**). Cada integrante de la clase deberá poseer una tarjeta.
2. El alumnado deberá enumerar en un papel del 1 al 6 las respuestas que deberán escribir una vez comiencen el juego.
  3. Se le explicará al alumnado que deben datar las seis imágenes (**Anexo 2**) que van a proyectarse, en base a los valores de datación de su tarjeta. Además, el alumnado tendrá la opción de propiciar, para cada imagen, una datación numérica. Las imágenes no tienen una sola respuesta correcta. Se le revelará al alumnado la ponderación de sus respuestas. La datación general tendrá un valor de un 1 punto y la datación numérica presentará un valor de 2 puntos.
  4. Se le comunicará al alumnado que poseen de 20 segundos por imagen y que visualizarán un total de 6 imágenes (**Anexo 2**). La puntuación total es de 18 puntos.
  5. Finalizado el tiempo, se destaparán las respuestas y el alumnado deberá ir sumando su puntuación obtenida individualmente.
  6. Se escribirá la tabla clasificatoria en la pizarra con los seis primeros ganadores. Se revelará el premio para el primer ganador. El premio podrá ser escogido por cada docente a libre elección.

#### **Reglas del juego:**

- El juego es individual, está prohibido copiar. Copiar los resultados de otro integrante del aula se penará con la descalificación.
- El alumnado poseerá un total de 20 segundos por respuesta.
- Las dataciones generales valdrán 1 punto, las dataciones numéricas valdrán 2 puntos.
- Las dataciones numéricas tendrán un intervalo de error donde el alumnado puede acertar.
- En caso de empate entre dos miembros de la clase, se le concederá un punto adicional al participante cuya respuesta se acerque más al valor numérico exacto.
- Las respuestas escritas fuera del tiempo estimado de 20 segundos no se considerarán válidas.



- Cada imagen proyectada puede presentar varias respuestas correctas.

“Adivina adividata” puede definirse como una estrategia de gamificación constituida por los siguientes valores a modo piramidal (Valda & Arteaga, 2015):

- Componentes del juego: El componente principal de este juego viene definido por los puntos que el alumnado irá consiguiendo con cada acierto de la datación general. A ello se le debe sumar los puntos adicionales que puede obtener el alumnado con la exacta o aproximada datación numérica de las imágenes.
- Mecánicas del juego: Se definirán las mecánicas de este juego a la clasificación por puntos que supondrá, sin duda, un reto para el alumnado. Además, se clasifica como reto personal el poder dar la datación exacta o aproximada de cada fotografía y su recompensa en la clasificación. El significado de la victoria y el premio, cedidos por el primer puesto de la clasificación supone a su vez, una importante mecánica del juego, así como el feedback aportado por las respuestas correctas al final del juego. En última instancia, las reglas de este juego también se consideran parte de la propia mecánica de la metodología.
- Dinámicas del juego: Las dinámicas de este juego serán aquellas motivaciones internas del alumnado. En el transcurso de este juego encontramos dinámicas como las emociones que el propio juego genera, las recompensas obtenidas y la competición en el aula.

### **7.1.2 Métodos de datación - ¿Relativo o absoluto? Esa es la cuestión.**

**Duración:** La duración del siguiente apartado será de 20 minutos totales, de los cuáles, 9 minutos serán dedicados a los ejercicios propuestos.

Acto seguido al juego “Adivina adividata” el docente debe definir y desarrollar brevemente los tipos de datación, apoyándose de una presentación de Power Point. Los tipos de datación se dividen en dos métodos principales:

**Datación relativa:** Consiste en ordenar cosas o acontecimientos desde los más antiguos a los más modernos, sin precisar su fecha o edad.

**Datación absoluta:** Consiste en poner edad a las cosas o los sucesos, es decir, precisar su fecha o los años que tienen.

No obstante, el docente debe otorgar a la definición de datación junto a sus tipos el enfoque apropiado de la asignatura. En este trabajo, el enfoque de las definiciones y explicaciones, así como todo lo metodológico en su conjunto, presentará un enfoque geológico:

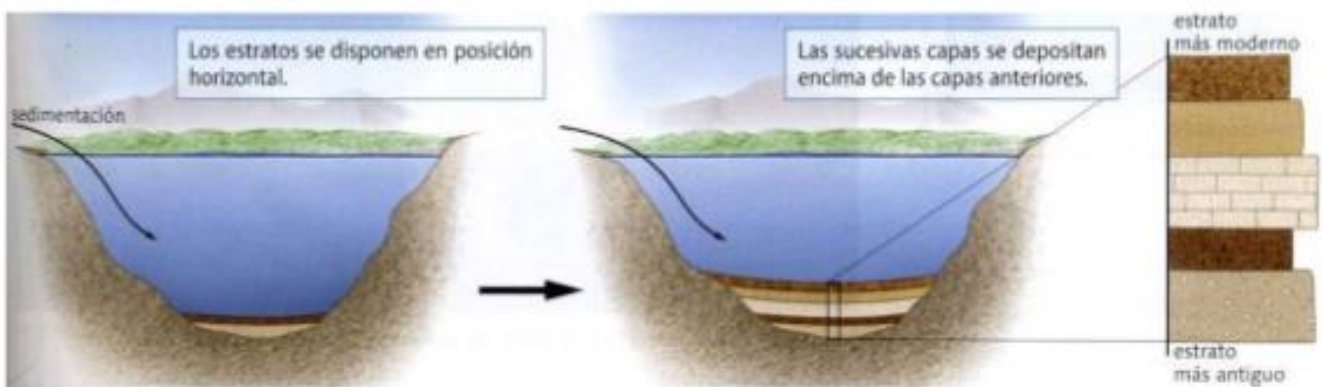
**Datación relativa:** Consiste en ordenar rocas, fósiles o acontecimientos desde los más antiguos a los más modernos, sin precisar la edad que tienen.

**Datación absoluta:** Consiste en poner edad y fecha a los materiales o sucesos, es decir, precisar los años que tienen.

Los métodos de datación están basados en unos principios fundamentales que deben definirse y ser esclarecerse con un ejemplo gráfico para su correcta comprensión. Se le propondrá ejercicios básicos al alumnado, a través de la presentación, para la mejor comprensión de la terminología a tratar.

Se empezarán con los principios del método de datación relativa:

- Principio de la horizontalidad original: Propone que las capas de sedimentos se depositan de forma horizontal en el de las cuencas sedimentarias y, si no se ven afectadas por la acción de las fuerzas tectónicas, mantienen esta posición horizontal.



**Figura 8.** Figura explicativa del principio de horizontalidad original.

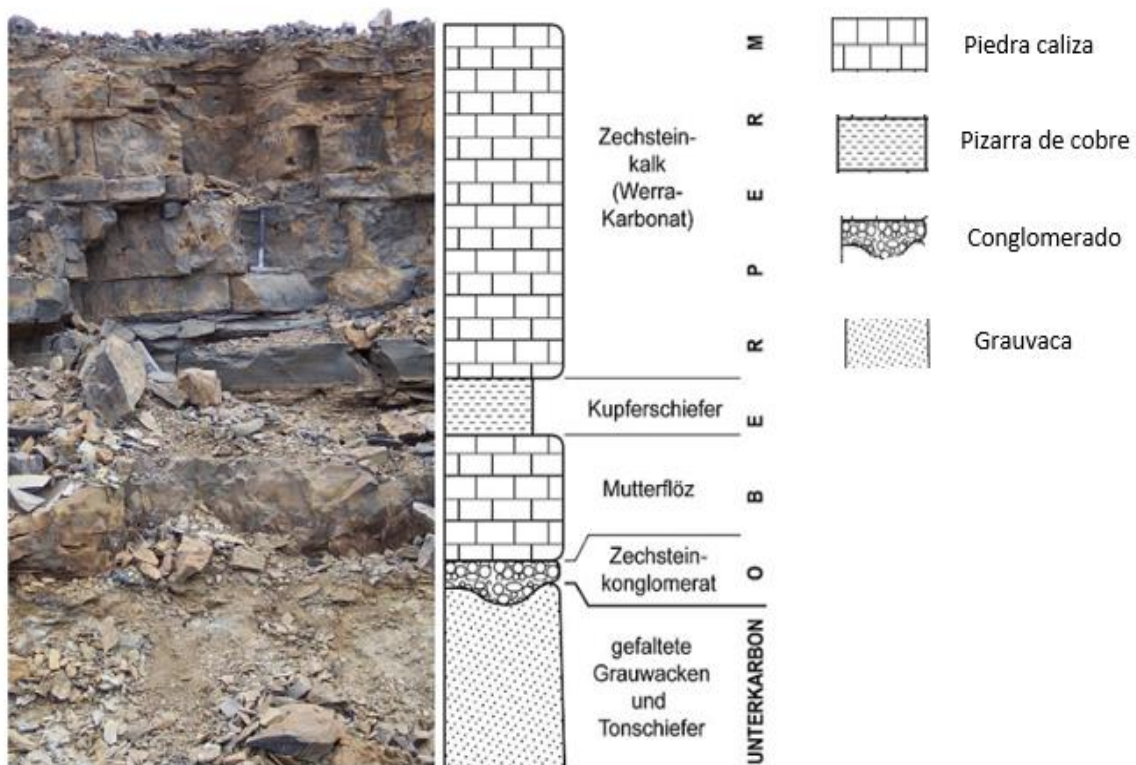
Fuente: <https://www.slideshare.net/Leire1980/estratigrafia-66796296>. Modificado por Romero, 2020.

- Principio de superposición de los estratos: Propone que en una secuencia de estratos el más antiguo es el que se sitúa en la base y el más moderno el que se encuentra en el límite superior. Este principio no se cumple cuando los estratos se pliegan y se invierten.

### Ejercicio 1: ¡A ordenar!

**Duración:** 1 minuto

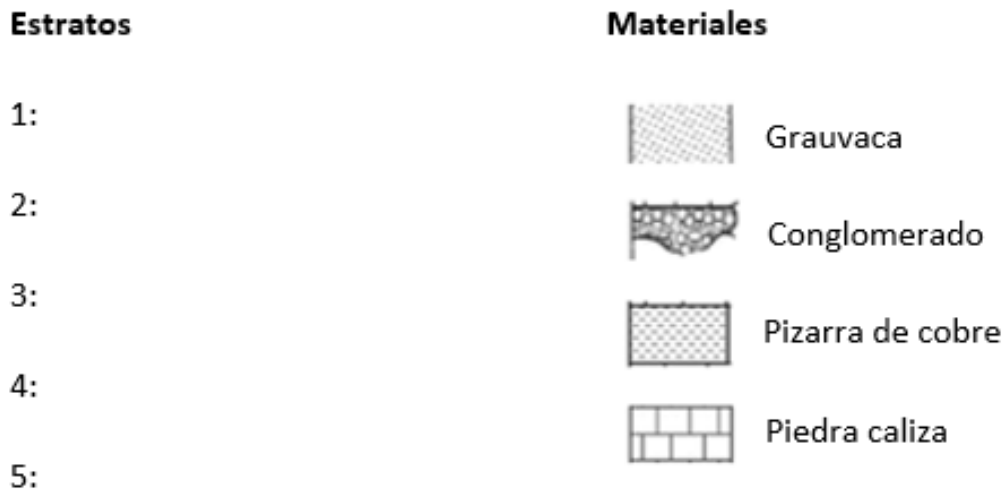
**Descripción:** Observar la siguiente secuencia de estratos de esta columna estratigráfica y ordena los estratos por orden de deposición, es decir, los estratos más antiguos debajo y los más modernos arriba.



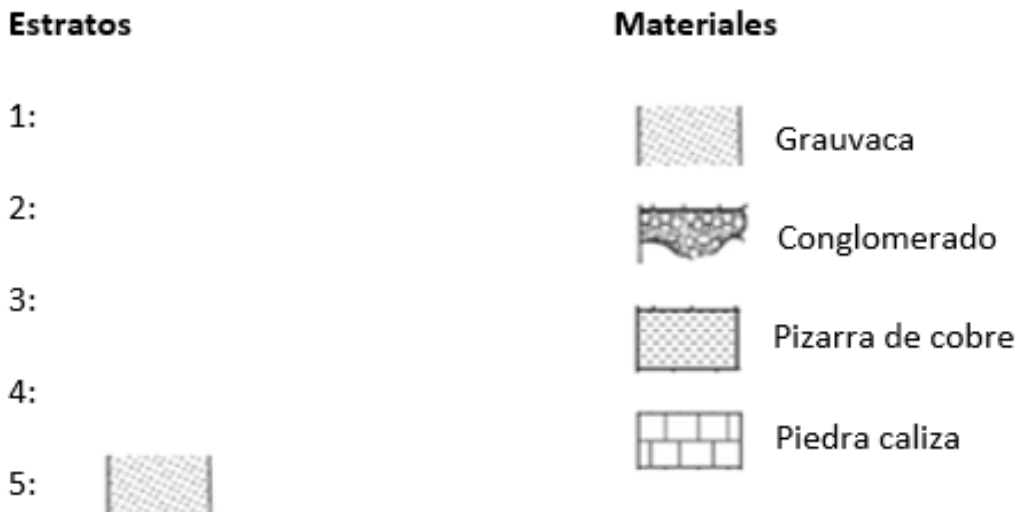
**Figura 9.** Corte estratigráfico real con leyenda de los materiales geológicos de los estratos.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Columna\\_estratigr%C3%A1fica#/media/Archivo:Kamsdorf\\_section.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Columna_estratigr%C3%A1fica#/media/Archivo:Kamsdorf_section.jpg). Traducido por Romero, 2020.

La siguiente imagen corresponde a un ejemplo visual de la construcción del ejercicio que el alumnado debe llevar a cabo y completar.



**Figura 10.** Ejercicio 1 ¡A ordenar! Creado por Romero, 2020.



**Figura 11.** Ejemplo gráfico de la realización del Ejercicio 1 ¡A ordenar! El estrato cinco es el más antiguo y está compuesto por grauvaca. Creado por Romero, 2020.

- Principio de continuidad lateral: Afirma que los estratos se depositan horizontalmente y presenta la misma edad en toda su extensión.
- Principio de sucesión faunística: Propone que los fósiles contenidos en un estrato son de la época en la que se formó, por tanto, dos estratos que tengan los mismos fósiles tendrán la misma edad.

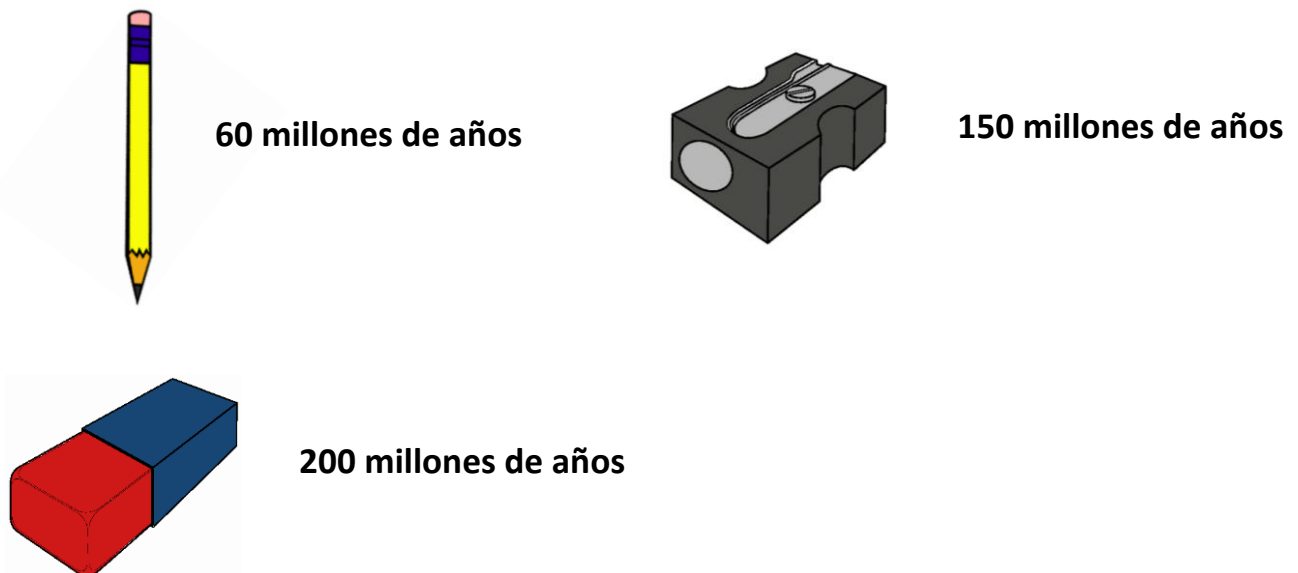
## Ejercicio 2: Data class

**Duración:** 8 minutos

**Descripción:** Se les adjudicarán a varios objetos de una clase, representando los fósiles, una determinada edad geológica en millones de años. El ejercicio se expondrá en una día - positiva y se realizará de manera grupal, donde cada fila de la clase compuesta por tres, cuatro, incluso cinco integrantes constituirán un grupo. Los grupos deberán aplicar los principios de datación relativa en la clase al igual que lo aplicarían en una secuencia geológica real. Este ejercicio favorece el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje basado en el pensamiento a través del uso de los principios teóricos de la datación relativa aplicados a una situación práctica.

Los distintos grupos deberán resolver las siguientes cuestiones:

1. ¿Cuántos estratos encontramos en esta aula?
2. ¿Qué estrato es el más moderno? ¿Qué estrato es más antiguo?
3. ¿La clase cumple con el principio de superposición de los estratos?
4. ¿Qué principio se han aplicado para datar relativamente esta secuencia en el aula?



**Figura 12.** Elementos en una clase (lápiz, goma y afilador) que representarán los fósiles del Ejercicio 2 Data class encontrados en el propuesto corte estratigráfico geológico (el aula).

Finalmente, se expondrá la solución en la siguiente transparencia y cada grupo valorará sus resultados.

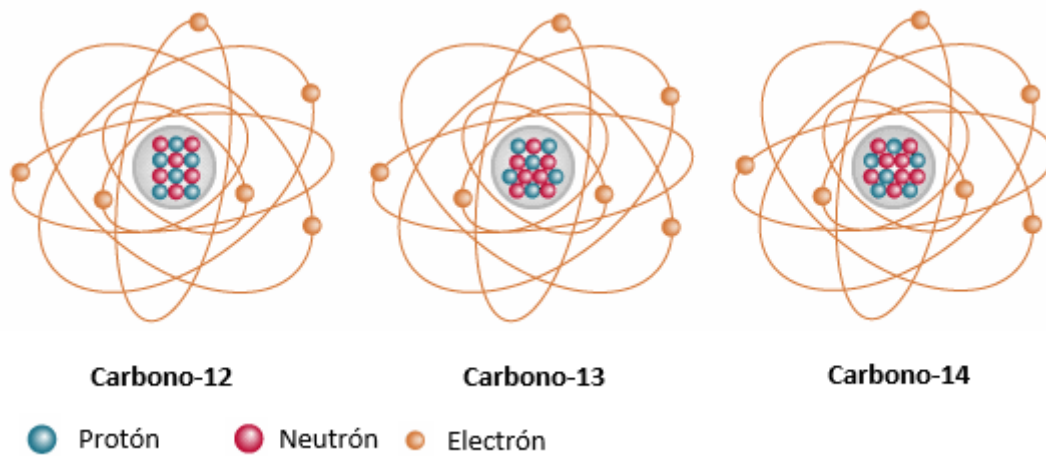


**Figura 13.** Imagen del aula que actuará como sección estratigráfica geológica con la distribución por estratos de los objetos definidos de clase, actuando como fósiles guía. Creado por Romero, 2020.

Una vez se haya finalizado los ejercicios y los conceptos referentes a la datación relativa, se procederá con la datación absoluta. Se recordará rápidamente la definición de datación absoluta: **Consiste en poner edad y fecha a los materiales o sucesos, es decir, precisar los años que tienen.**

Con el objetivo de transmitir correcta y eficazmente el concepto de la datación absoluta, el alumnado debe comprender el significado de un isótopo y radioisótopo junto a sus usos a través de una definición y un ejemplo gráfico.

**Isótopo:** Átomos cuyos núcleos atómicos tienen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones.



**Figura 14.** Imagen del isótopo del carbono donde se indican la cantidad de protones (azul) y neutrones (rojo) así como los electrones alrededor del núcleo (naranja). El carbono 12 y 13 son isótopos estables mientras el carbono 14 es un isótopo radioactivo. Fuente: <http://www.ehu.es/biomoleculas/isotopos/isotopos2.htm>. Traducido por Romero, 2020.

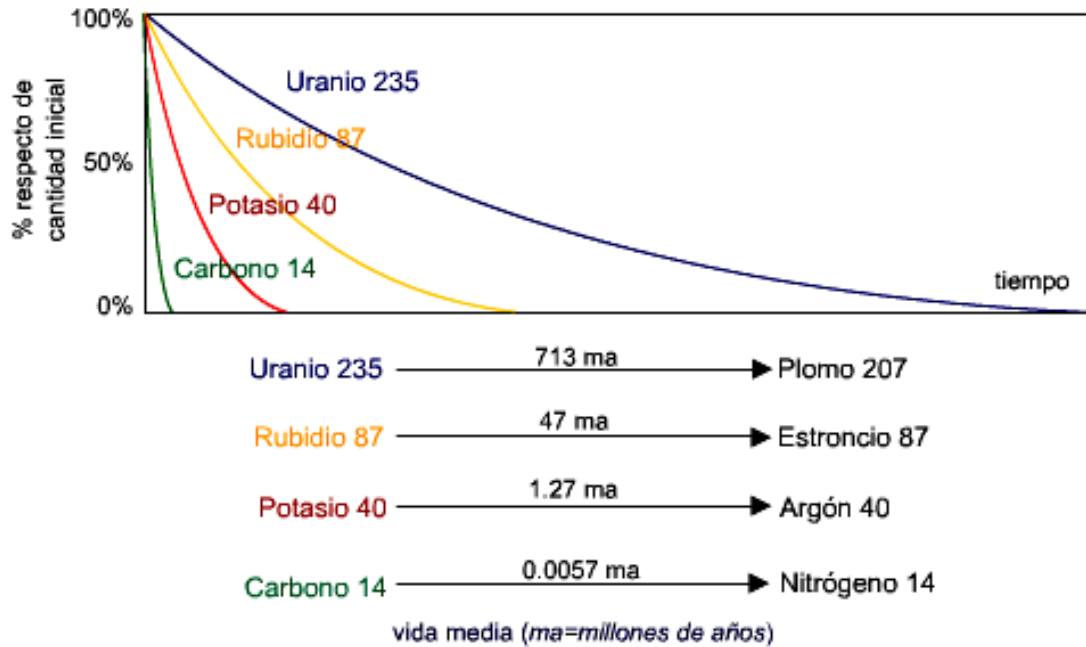
**Radioisótopo:** Átomo de un elemento químico que emite radiaciones radiactivas al presentar un exceso de energía y ser inestable. Los átomos inestables son átomos radioactivos, sus núcleos cambian o se desintegran emitiendo radiaciones (Datación radiométrica).

Al igual que en la datación relativa, la datación absoluta se basa en un principio que se debe exponer al alumnado.

Todos los elementos radioactivos presentan una vida media o periodo de semidesintegración (T) definido como el tiempo que transcurre desde que la masa inicial de un elemento radioactivo se reduce a la mitad.

Ilustramos esta idea con un ejemplo gráfico del Periodo de semidesintegración de varios elementos radioactivos.

El elemento más común en las dataciones actuales es el método del Carbono 14. El carbono 14 tiene un periodo de semidesintegración de **T=5730 años**, por lo que una masa de 100 gramos de  $C^{14}$ , después de 5730 años, se habrá reducido a 50 gramos.



**Figura 15.** Gráfica que muestra los periodos de semidesintegración en millones de años de isótopos radioactivos del Uranio 235, Rubidio 87, Potasio 40 y el Carbono 14. Fuente: [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//2500/2554/html/4\\_y\\_cm\\_o\\_lo\\_sabemos\\_instrumentos\\_y\\_mtodos\\_de\\_estudio.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//2500/2554/html/4_y_cm_o_lo_sabemos_instrumentos_y_mtodos_de_estudio.html)

Finalizada las explicaciones teóricas y las actividades anteriormente desarrollada, se procederá el siguiente ejercicio comenzando en la siguiente página.



### 7.1.3 Historia de la datación de la Tierra ¿Viejoven?



O



### Historia de la datación de la Tierra ¿Viejoven?

**Duración del ejercicio:** 25 minutos

**Descripción:**

El alumnado ya es conocedor del ámbito multidisciplinar de la datación, de su significado, de sus utilidades y de sus métodos junto con sus principios. Es por ello, que se propone a continuación la actividad “Historia de la datación de la Tierra”. El objetivo de esta actividad es fomentar el aprendizaje cooperativo y el pensamiento crítico y científico en el alumnado a través de la construcción de una cronología histórica sobre la edad de nuestro planeta, hasta llegar a la edad actual estimada.

**Metodología:**

La actividad se llevará a cabo en grupos de seis personas. Se le facilitará a cada grupo una ficha con una lista de estudios o conclusiones a la que llegaron diversos científicos a lo largo de la historia, sobre la verdadera datación de la Tierra. Algunos personajes históricos de la ciencia afirmaron que la Tierra era más joven de lo que se creía y otros, que la Tierra era mucho más antigua. La ficha repartida se dividirá en dos columnas, una columna a la izquierda con una imagen y el nombre del personaje histórico o estudio realizado, acompañado de una pequeña descripción. A su vez, esta columna tendrá una incógnita que cada grupo deberá averiguar a través de sus conocimientos y la investigación, haciendo uso de las nuevas tecnología e Internet.

Dicha incógnita es la edad de la Tierra para cada uno de los estudios de la columna. Además, no sólo deberán averiguar y constatar la datación sino el hecho de si llegaron a una conclusión numérica o sólo a una teoría.

La columna de la derecha deberá completarse con las fechas concretas en la que se publicaron y se llevaron a cabo cada cálculo de la edad de la Tierra. Cada una de las fechas llevará asociado un número. El alumnado deberá asociar cada descripción de la columna izquierda, una vez habiendo encontrado la datación de la Tierra para dicha descripción, con la fecha exacta de la columna derecha representadas con números, uniéndolas con flechas. Ambas columnas, estarán debidamente desordenadas.

A través de esta actividad el alumnado:

- Realizará una datación absoluta al atribuir a cada estudio descrito una edad cuantitativa exacta.
- Realizará una datación absoluta al relacionar cada estudio científico con una fecha histórica determinada.
- Realizará una datación relativa al ordenar y construir una cronología histórica de los acontecimientos históricos y las dataciones absolutas de nuestro planeta.
- Asimilará e incorporará en su aprendizaje los conceptos, métodos y aplicaciones de la datación relativa y absoluta.
- Trabajará en equipo para buscar, investigar, analizar, contrastar y elegir la información adecuada en referencia a las dataciones a través del aprendizaje cooperativo.
- Adquirirá habilidades de búsqueda y contraste de información eficientemente al verse envuelto en una situación donde debe encontrar la información más fiable y fehaciente en un límite de tiempo.
- Aprenderá cómo han cambiado las ideas de los científicos que han estudiado la edad del planeta a lo largo de la historia.
- Aprenderá sobre el progreso científico y tecnológico a través de la cronología de estudios de la datación la Tierra.
- Será conocedor del funcionamiento de la Tierra y poseerá un mayor conocimiento sobre nuestro planeta.

Se muestra seguidamente la ficha repartida al alumnado con un ejemplo gráfico de cómo deben completarla:

**Descripción del estudio o personaje científico**

**Fechas históricas**



El arzobispo de Usher calculó la edad de la Tierra en base a la Biblia, tomando como referencia el año 4004 AC. Usher creía que la Tierra era más antigua.

La edad de la Tierra fue estimada en:

3



Georges Louis Leclerc, conde de Buffon calculó la edad de la Tierra creando un globo de pequeñas dimensiones de composición similar a la Tierra, y partiendo de esa masa fundida realizó sus cálculos midiendo el ritmo de enfriamiento de ese globo.

La edad de la Tierra fue estimada en:

5



James Hutton fue un geólogo que investigó secuencias geológicas sujetas distintos ciclos de erosión, sedimentación donde algunas de ellas presentaban plegamientos. Hutton afirmó: "No hay vestigio de un principio, ni perspectiva de un fin".

La edad de la Tierra fue estimada en:

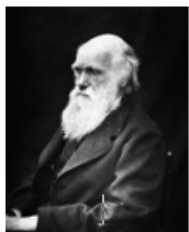
7



Charles Lyell fue uno de los fundadores de la geología moderna. Lyell postuló en su teoría que la Tierra se habría formado lentamente a lo largo de extensos períodos de tiempo y a partir de las mismas fuerzas físicas que hoy rigen los fenómenos geológicos como la erosión, los terremotos, los volcanes y las inundaciones.

La edad de la Tierra fue estimada en:

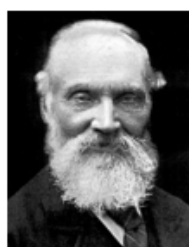
2



Charles Darwin fue un naturalista, padre de la teoría de la evolución. Darwin afirmó que fijación de variantes ventajosas a través de la selección natural requiere de una enorme cantidad de tiempo y se dio cuenta de la inmensidad del tiempo geológico transcurrido y su efecto en la evolución de los organismos.

La edad de la Tierra fue estimada en:

1



William Thomson (Lord Kelvin) se basó en el tiempo que tardaría el planeta en enfriarse suponiendo que se había formado como una bola rocosa fundida para realizar su cálculo.

La edad de la Tierra fue estimada en:

6



Arthur Holmes calculó, a partir de la descomposición de los minerales radioactivos presentes en las rocas, que la edad de la Tierra era de más de 1.000 millones de años. Este mineral contenía cristales de zircón que atrapa uranio en el momento de su formación. El uranio se va desintegrando hasta formar plomo

9

La edad de la Tierra fue estimada en:



Un estudio realizado por Wilde, S. A.; Valley, J. W.; Peck, W. H. y Graham C. M. dataron cristales de circonio, un mineral rico en uranio, en las rocas más antiguas encontradas en Jacks Hills, Australia. A través de esta datación radiométrica pudieran calcular la edad exacta de la Tierra.

4

La edad de la Tierra fue estimada en:



Dr John F. Rudge y colaboradores dataron la Tierra a través de una datación radiométrica basada en hafnio y tungsteno 182. La datación provino de la combinación de dataciones sobre rocas antiguas de la Tierra y muestras de meteoritos lunares.

8

La edad de la Tierra fue estimada en:

**Figura 16.** Ficha perteneciente al apartado de la sesión Historia de la datación de la Tierra ¿Viejo ven? El alumnado deberá completar la actividad grupalmente y concluir con la datación de la Tierra actual. Inspirado en Earthlearningidea - <http://www.earthlearningidea.com/>. Modificado por Romero, 2020.

Las fechas señaladas a relacionar con las descripciones se enumeran a continuación:

1. **1788**
2. **1869**
3. **1774**
4. **2010**
5. **1650**

6. **1830**
7. **1872**
8. **2001**
9. **1931**

Terminada la actividad, se mostrarán los resultados con la finalidad de realizar una autovaloración de la búsqueda y eficacia por equipos:

1. **James Hutton; Edad de la Tierra no determinada cuantitativamente.** Afirmó con sus estudios que la Tierra debía ser muy antigua.
2. **William Thompson (Lord Kelvin); 24 millones de años.**
3. **Georges Louis Leclerc, conde de Buffon; 75000 años.**
4. **Dr John F. Rudge y colaboradores; 4540 millones de años.**
5. **James Ussher (Arzobispo de Ussher); 6000 años.**
6. **Charles Darwin; 300 – 306 millones de años.**
7. **Charles Lyell; Edad de la Tierra no determinada cuantitativamente.** Afirmó basándose en sus estudios con fósiles que la Tierra debía ser muy vieja.
8. **S. A.; Valley, J. W.; Peck, W. H. y Graham C. M.; 4404 millones de años.**
9. **Arthur Holmes; 1400 – 3700 millones de años.**

Una vez comparados los resultados obtenidos con los resultados esperados, el alumnado deberá plantearse las siguientes preguntas:

- ¿Es la Tierra joven o vieja? ¿O viejoven?
- ¿Cuál debe considerarse la datación absoluta de la Tierra mayormente aceptada?

Dando por concluida la autoevaluación de los resultados obtenidos y la actividad, se procederá durante los próximos 5 minutos a la introducción de la siguiente sesión, que deberá llevarse a cabo en la próxima clase disponible. Se le propondrá y animará al alumnado a recabar y contrastar información que utilizarán en la nueva situación de aprendizaje. La actividad se llevará a cabo en grupos. Los grupos estarán constituidos por dos personas y uno o varios grupos de tres personas, dependiendo en el número de integrantes en el aula (4º de la ESO – 30; 1º de Bachillerato – 35).

Todos los grupos deberán informarse sobre El tiempo Geológico y los Fósiles Guía siendo ayudados por diversas preguntas:

- ¿Qué es el tiempo geológico?
- ¿Cuáles son las divisiones del tiempo geológico de la Tierra?
- Enumera los eones, las eras y los periodos geológicos de la Tierra.
- ¿Qué es la Tabla Cronoestratigráfica Internacional?
- ¿Qué es un fósil?
- ¿Qué es un fósil guía y cuáles son sus funciones?
- Utilidades de los fósiles guía en la datación.
- Busca información sobre los fósiles guía mencionados (**Anexo 3**). ¿Cuáles son sus rangos temporales, su aparición y su extinción? No todos los fósiles guía se han extinguido.

Se le facilitará al alumnado a modo de guía, en enlace online para la Tabla Cronoestratigráfica en formato PDF a la vez que una ficha virtual conteniendo los fósiles guía con los que trabajarán (**Anexo 3**). Respecto a los fósiles guía que serán objeto de investigación, los diferentes grupos podrán apoyarse en una página web facilitada.

<https://stratigraphy.org/icschart/ChronostratChart2018-08Spanish.pdf>

[http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/tierra\\_cambia/fosiles\\_guia.htm](http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/tierra_cambia/fosiles_guia.htm)

El alumnado tendrá como misión la búsqueda individual desde casa de la información necesaria usando las preguntas formuladas como guía. Cada miembro del grupo compartirá y contrastará la información recogida con el resto de integrantes. El aprendizaje cooperativo y la actitud hacia el objetivo común es clave para la correcta realización de la actividad. El uso de los contenidos impartidos y adquirido por el alumnado en el curriculum de Biología y Geología también pueden ser considerados importante a la hora de sacar provecho a la actividad propuesta.

Dada la definición y el concepto de la estrategia Aula Invertida, se propone como alternativa que el docente elabore el propio material que el alumnado deba estudiar en casa. Dicho material, podrá estar disponible vía online y puede variar desde presentaciones propias, explicaciones interactivas, páginas web de referencias o vídeos sobre la materia.

Se exponen a continuación varios ejemplos de los fósiles guía presentes en la segunda sesión. La ficha que contendrá todos los fósiles guía podrá visualizarse en el **Anexo 3**.



El fósil guía denominado Goniatite. Este fósil está extinto y perteneció a los cefalópodos ammonoideos.



Los crinoideos son una clase pertenecientes al filo de los equinodermos. Muchas especies siguen con vida en la actualidad, sin embargo, otras especies se extinguieron y actúan como fósiles guía. La imagen pertenece al género *Encrinus*.

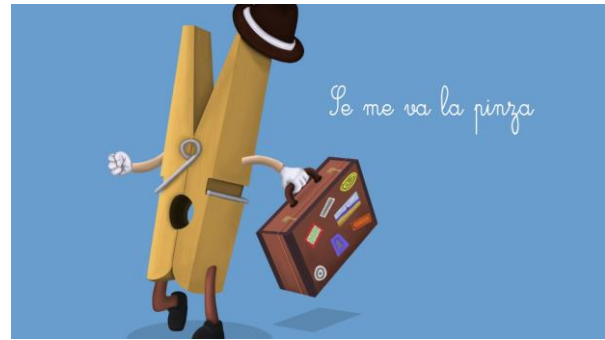
## **7.2 Segunda sesión: Cronoestratigrafía del tiempo geológico de nuestro planeta a través de la metodología del Aula Invertida, el Aprendizaje Cooperativo y el Aprendizaje Basado en el Pensamiento**

La segunda sesión carecerá de introducción o explicaciones teóricas, dado que se aplicará la metodología de aprendizaje del Aula Invertida donde el alumnado traerá aprendida y comprendida la información de casa para trabajarla durante esta actividad. La duración de la sesión es de 60 minutos. El alumnado trabajará y realizará dos ejercicios en base a todo el contenido incorporado y asimilado en casa.

Así pues, se procederá a la descripción y narración de la metodología del primer ejercicio “¡Qué se te va la pinza!”.

### 7.2.1 ¡Qué se te va la pinza!

¡QUÉ SE TE VA LA PINZA!



Con el objetivo de otorgar y dotar al alumnado una completa experiencia a través de este ejercicio se recomienda realizar una pequeña preparación del espacio físico de la clase antes del comienzo de la actividad. Se moverán ligeramente las mesas y se colocarán pegadas a la pared, creando un espacio central a lo largo del aula. En este espacio se colocará una cuerda blanca que cubra la clase completa de extremo a extremo a lo largo de la clase.

**Duración:** 15 min

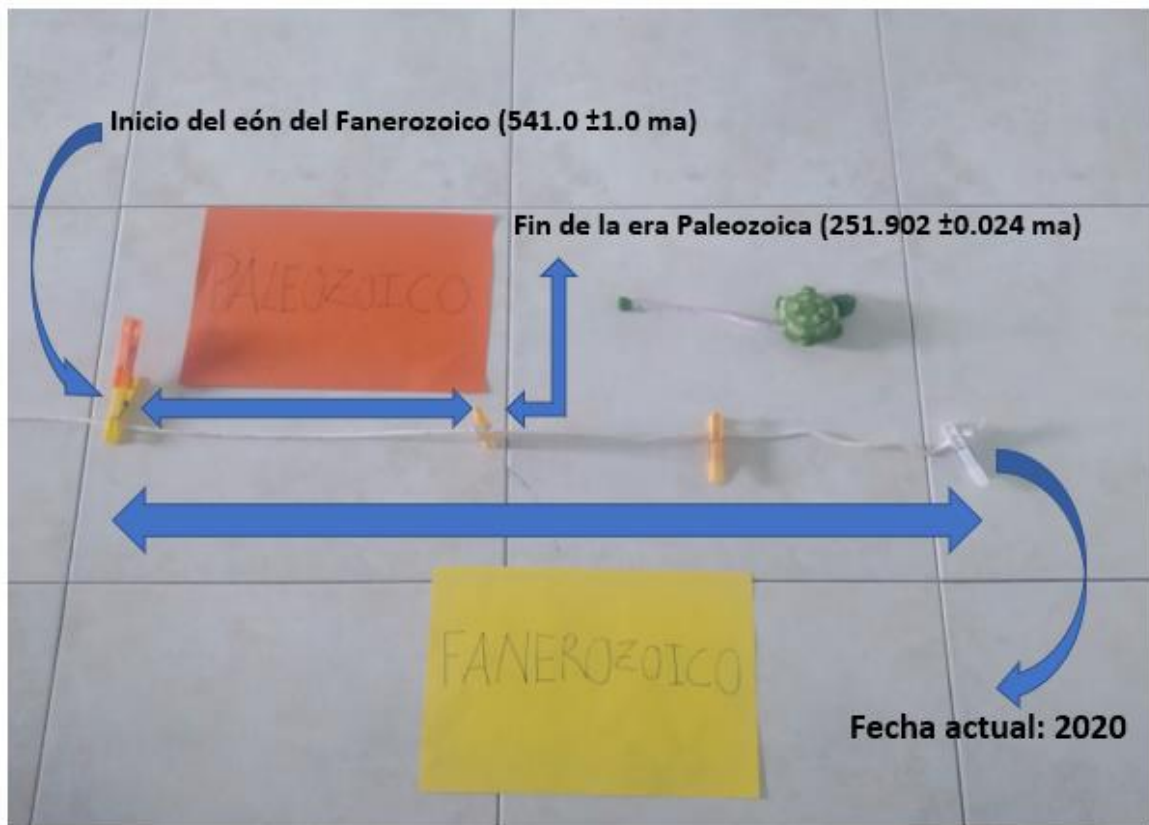
#### **Metodología:**

Esta cuerda representará el tiempo geológico de la Tierra. El extremo superior de la cuerda corresponde a la fecha actual, 2020. El extremo inferior de la cuerda corresponderá a la edad de la Tierra **4540 millones de años** tal y como se averiguó en la anterior sesión.

El alumnado observará que se encuentran enganchadas dos clases de pinzas en la cuerda. Sin embargo, se define en esta actividad una tercera clase de pinza.

Las pinzas naranjas representarán las eras geológicas, las pinzas amarillas los eones geológicos y las pinzas azules los periodos geológicos (**Figura 18**). Además, el alumnado deberá colocar una pinza que representa la fecha actual (pinza blanca) y la edad del planeta (pinza morada), en los extremos de la cuerda.





**Figura 17.** Ejemplo gráfico del ejercicio “! Qué se te va la pinza!” donde se ha delimitado el eón geológico del Fanerozoico entre la pinza amarilla (541 ma) y la pinza blanca (2020). Dicho eón geológico se ha denominado a través de una cartulina amarilla. Se ha establecido, además, la era geológica del Paleozoico entre las dos pinzas naranja señaladas (541 y 251 ma). Se ha denominado esta era geológica con una cartulina naranja. La clase en conjunto podrá hacer uso de una cinta métrica para asentar la escala que usarán para dividir la cuerda correctamente. Creado por Romero, 2020.



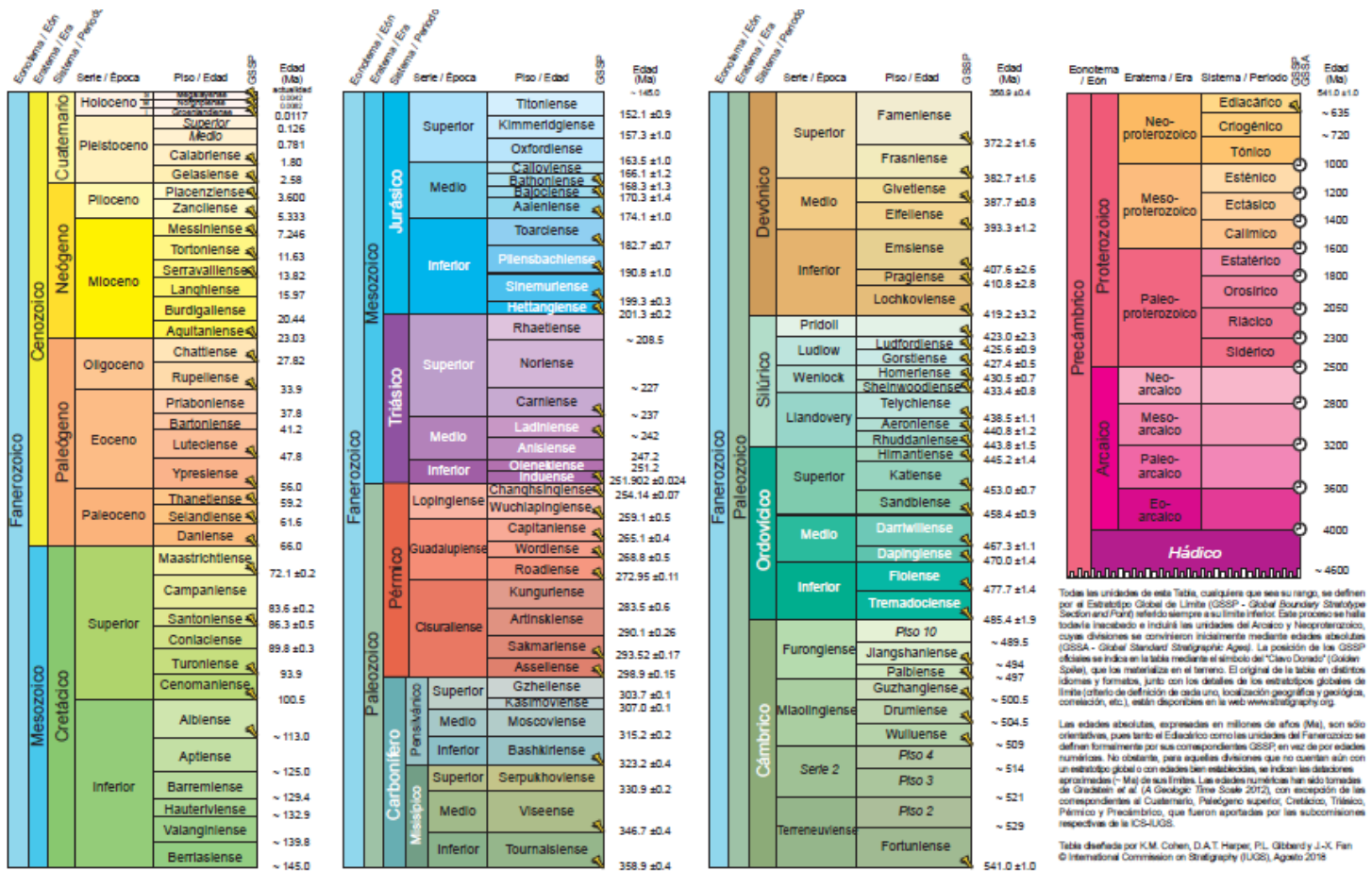
**Figura 18.** Pinzas de colores que el alumnado deberá colocar a la largo de la cuerda (tiempo geológico). La imagen muestra las pinzas amarillas (eones geológicos), las pinzas naranjas (eras geológicas) y las pinzas azules (periodos geológicos). Creado por Romero, 2020.

A continuación, se le repartirá al conjunto del alumnado dos cartulinas amarillas y cinco cartulinas naranjas, donde deberán escribir los eones y eras geológicas. Posteriormente, el alumnado procederá a colocarlas individualmente debajo de los intervalos correspondientes de la cuerda, definidos por las pinzas representativas de los eones y las eras geológicas (**Figura 17**). Este ejercicio deberá realizarlo la clase entera conjuntamente dado que no se trabajará, por el momento, en los grupos de dos o tres personas formados anteriormente.

El objetivo de la clase es definir y delimitar a la largo del tiempo geológico los eones y las eras geológicas de nuestro planeta a través del uso de las pinzas, así cómo definir y denominar cada intervalo geológico colocando las cartulinas. El alumnado deberá cooperar y pensar de manera lógica el método o el procedimiento para ajustar la longitud real de la cuerda a la escala del tiempo geológico de la Tierra. A su vez, el alumnado deberá usar la Tabla Cronoestratigráfica Internacional consultada anteriormente como guía (<https://stratigraphy.org/icschart/ChronostratChart2018-08Spanish.pdf>).

El alumnado debe ser consciente del carácter interdisciplinar que representa a la datación donde las múltiples ciencias como la física, la química, la biología (paleontología mayormente) y la geología, junto con las matemáticas trabajan conjuntamente.

Se facilitará durante el desarrollo del ejercicio una cinta métrica. La definición de la escala podría realizarse, por ejemplo, midiendo la longitud total de la cuerda. Dicho valor equivaldría a los 4540 millones de años de historia geológica del planeta. Sea pues, si se supone una longitud total de la cuerda de 5 metros, es decir, 500 centímetros, el final del eón Precámbrico (541 millones de años) estará delimitado por 59,58 (60 cm), 0,6 metros de la cuerda. Este cálculo demuestra que el eón geológico del Precámbrico representa la mayor parte de la historia geológica de nuestro planeta, siendo el eón actual, el Fanerozoico, una pequeña parte del tiempo geológico total.



**Figura 19.** Tabla Cronoestratigráfica Internacional actualizada que el alumnado podrá usar opcionalmente como guía para obtener una datación absoluta de los límites de los eones (pinzas amarillas) y las eras (pinzas naranjas) así como una datación relativa de su orden geocronológico.

Fuente: <https://stratigraphy.org/icschart/ChronostratChart2018-08Spanish.pdf>. International Commission on Stratigraphy (<https://stratigraphy.org/>).

El procedimiento anteriormente explicado corresponde a un único posible método disponible para repartir el tiempo geológico a lo largo de la cuerda. El alumnado es libre de optar por diversos métodos, cómo utilizar las baldosas del aula como referencia. No se pretende con esta actividad interactiva que el alumnado delimite y defina cada eón y era del tiempo geológico milimétricamente o con valores rigurosos y precisos tal y como se observan en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (**Figura 19**).

La metodología del ejercicio descrito incluye las estrategias del Aula Invertida “Flipped classroom”, el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje basado en el pensamiento. La estrategia del Aula Invertida convierte al alumnado en el protagonista de la sesión didáctica adquiriendo un control total sobre la situación de aprendizaje y el espacio físico del aula, teniendo al docente como guía en la actividad planteada. El método del Aula Invertida refuerza el trabajo colaborativo, dado que el alumnado se ha visto envuelto en una intensa búsqueda de información llevada a cabo en grupos pequeños. Es por ello por lo que cada grupo debe llegar preparado y con los conocimientos comprendidos y contrastados. El ejercicio presentado “! Qué se te va la pinza!” estimula el aprendizaje cooperativo, creando una situación de aprendizaje donde el conjunto del alumnado une sus conocimientos y su pensamiento crítico con el objetivo de dividir y definir el tiempo geológico en eones y eras geológicas. Se considera importante el hecho que cada participante dentro de la descrita actividad comparta sus conocimientos y aporte su pensamiento crítico y científico con la intención de cumplir un objetivo común.

El Aprendizaje Basado en el pensamiento juega un papel relevante en el desarrollo de la actividad. El alumnado debe dividir la cuerda (el tiempo geológico) en una escala adecuada, es decir, argumentar el mejor método para generar la escala temporal. Este proceso implica un razonamiento que da lugar a una solución a la situación u objetivo establecido (Saiz & Rivas, 2012).

### **7.2.2 Fósil perdido**

Presentamos a continuación el siguiente ejercicio, titulado “**Fósil perdido**”.



**FÓSIL PERDIDO**

**Duración:** 40 minutos

**Descripción:**

Esta actividad permitirá reforzar la estrategia docente del aprendizaje cooperativo dado que se llevará a cabo en grupos de dos o tres participantes. Un número reducido de estudiantes por grupo les permiten interactuar más y mejor aprovechando al máximo su aprendizaje (Johnson & Johnson, 1991). A su vez, la combinación entre la estrategia de la Clase Invertida, donde el docente trasladará el tiempo de sesión invertido en impartir la materia teórica a través de una clase magistral a un tiempo que el alumnado usará libremente en formato de tarea para casa. Además, estas tareas se realizarán por grupos donde los integrantes trabajarán colaborando.

La misma cuerda volverá a representar el tiempo geológico. No obstante, no corresponderá con la historia geológica de la Tierra en su totalidad sino al eón del Fanerozoico. Durante esta actividad, el alumnado observará que la cuerda ha sido dividida en eras y periodos geológicos delimitados por las pinzas naranjas y azules respectivamente.

Los grupos trabajarán con lo aprendido en casa, especialmente con la lista de fósiles guía (**Anexo 3**), para poder identificar el periodo geológico que se le ha asignado. El objetivo de cada grupo es identificar y describir el fósil guía que pertenece al periodo geológico que tienen adjudicado. Es probable que un fósil guía incluya varios periodos geológicos en rango temporal. A su vez, es probable que, para un determinado periodo geológico, estén presentes distintos fósiles guía.

**Metodología:**

Se preparará la cuerda de manera que las pinzas azules, junto con las pinzas naranjas y amarillas queden debidamente colocadas a lo largo de la cuerda. Se colocarán aleatoriamente a la izquierda de la cuerda, imágenes de los fósiles guía (**Anexo 3**) pertenecientes a la lista que cada grupo debió estudiar previamente. Las imágenes de los fósiles se encontrarán desordenadas a lo largo de la cuerda, es decir, a lo largo del tiempo geológico.

Los periodos geológicos pueden incluir las imágenes de más de un fósil guía. El alumnado deberá tener en cuenta que los fósiles estarán incluidos en uno o varios periodos geológicos, incluso, a lo largo de un amplio rango temporal geológico.

Se le asignará a cada grupo de dos o tres personas un periodo geológico al azar. La clase se dividirá en un total de 12 grupos. 6 grupos de dos integrantes y 6 grupos de tres miembros. El Fanerozoico posee un total de 12 periodos geológicos (**Figura 20**) y serán repartidos entre los 12 grupos consagrados.


Se le repartirá a cada grupo una tarjeta (**Figura 21**) que deben completar, en referencia al periodo geológico asignado. El objetivo de cada grupo es buscar e identificar los posibles fósiles guía que pertenezcan a su periodo geológico concreto y permitan la datación absoluta y relativa de este. Cada grupo deberá identificar su periodo geológico, definido por los intervalos entre las pinzas azules y realizar una datación absoluta en base a la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (**Figura 19**). Seguidamente, cada grupo localizará los fósiles guía pertinentes, colocando sus imágenes en el intervalo correspondiente, a la izquierda de la cuerda. El acto de cooperación entre miembros del grupo y entre los grupos es considerablemente importante para poder efectuar las asignaciones de los fósiles guía y las dataciones absolutas (edad o intervalo en millones de años) y relativas (geocronología). Además, la estrecha cooperación y colaboración entre grupos es relevante dado que no todos los fósiles guía son específicos o representativos de un solo periodo geológico. En otras palabras, un fósil guía determinado puede presentar un rango temporal que abarque desde el Devónico hasta el Pérmico. Es por ello por lo que los tres grupos que hayan obtenido los periodos geológicos del Devónico, Carbonífero y Pérmico podrán colocar la imagen de ese fósil en cada uno de esos periodos geológicos (**Figura 22**). Este ejemplo involucrará a los grupos mencionados en un debate crítico y cooperativo con el objetivo de encontrar cada uno de los fósiles representativos de su periodo.

Los grupos de esta actividad habrán conseguido su objetivo plenamente cuando hayan rellenado su tarjeta con la información necesaria, hayan colocado adecuadamente su tarjeta en el intervalo de la cuerda correspondiente y hayan asignado todos los fósiles guía que consideren a su periodo geológico. Se obtendrá así como resultado final la geocronología, es decir, la datación relativa, del eón geológico del Fanerozoico, dividido en las eras y periodos geológicos con sus límites datados adecuadamente a través de la datación absoluta. Además, obtendremos la datación

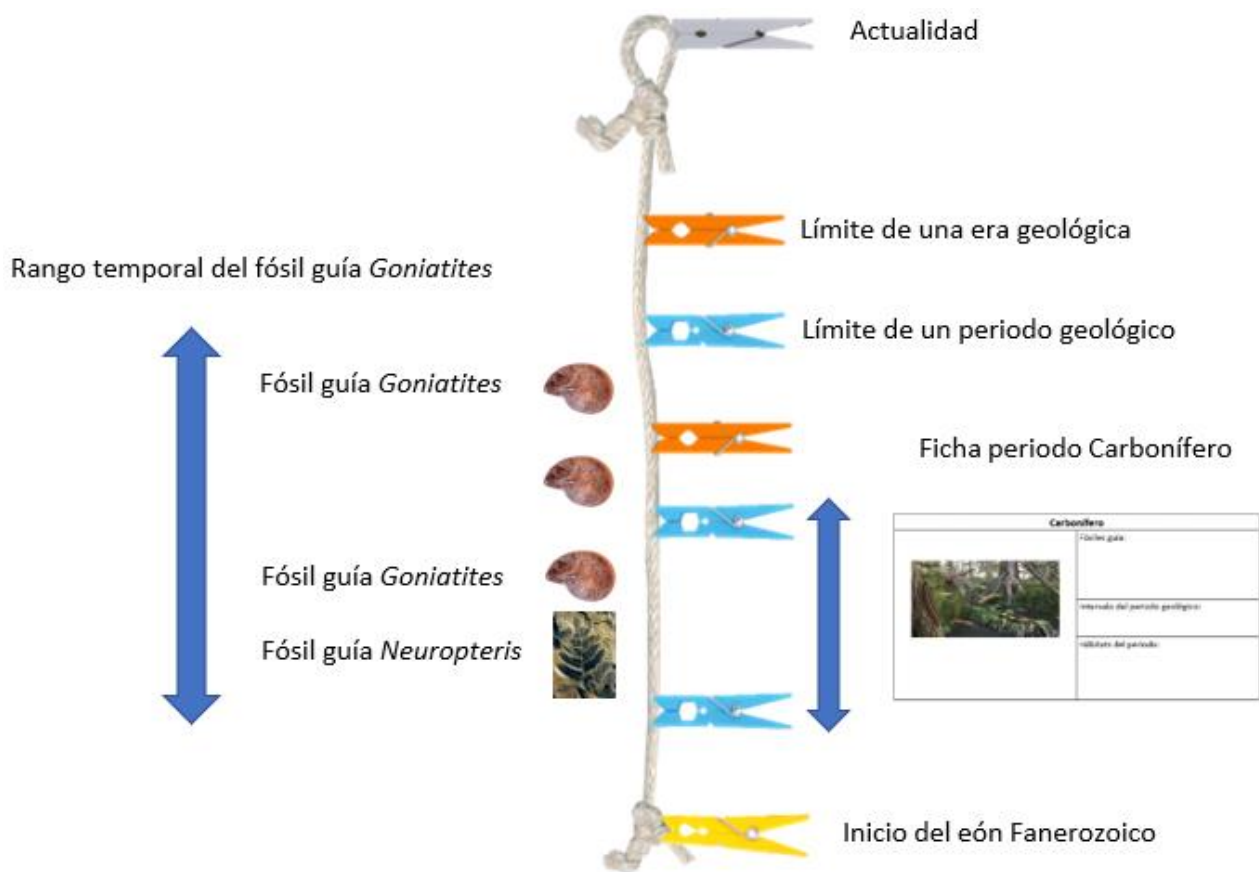
relativa de cada periodo geológico a través de la asignación de sus fósiles guía representativos.

Eón	Era	Periodo
Fanerozoico	Cenozoico (Terciario)	Cuaternario
		Neógeno
		Paleógeno
	Mesozoico (Secundario)	Cretáceo
		Jurásico
		Triásico
	Paleozoico (Primario)	Pérmico
		Carbonífero
		Devónico
		Silúrico
		Ordovícico
		Cámbrico

**Figura 20.** División del eón Fanerozoico en los 12 periodos geológicos a repartir aleatoriamente entre los grupos generados. Fuente: <https://es.slideshare.net/guest929db2/eras-geologicas-el-cenozoico-1362139>

Carbonífero	
	Fósiles guía:
	Intervalo del periodo geológico:
	Hábitats del periodo:

**Figura 21.** Ejemplo gráfico de la tarjeta que se le repartirá al grupo asignado al periodo Carbonífero. Cada grupo deberá rellenar los fósiles guía encontrados, el intervalo del periodo geológico en millones de años y los hábitats existentes en dicho periodo. Creado por Romero, 2020.



**Figura 22.** Ejemplo gráfico de la actividad “Fósil Perdido”. Creado por Romero, 2020.

En referencia a las estrategias de aprendizaje, se debe destacar la aplicación de la metodología del “Aula Invertida” donde el alumnado usará en la actividad los conocimientos obtenidos en casa sea a través de la información encontrada y procesada por su propia investigación grupal o a través del estudio del contenido facilitado por el docente. Se anima al alumnado a desarrollar su sentido crítico mediante la búsqueda y elección de la información encontrada en base a su rigor científico y fiabilidad. Se desarrolla así, además, la Competencia Digital (CD). La estrategia del aprendizaje cooperativo es reforzada por el Aula Invertida y es considerada de gran importancia durante el desarrollo de la sesión. El Aprendizaje Basado en el Pensamiento desarrolla el sentido crítico del alumnado, la mejora de un pensamiento y procesamiento mental más eficiente y el abandono de la memorización clásica del contenido (Saiz & Rivas, 2012).



Cabe mencionar el papel del docente durante el transcurso de esta actividad. El docente debe actuar como guía del aprendizaje del alumnado. Dicha guía puede reflejarse en forma de pistas clave, repaso de conceptos o formulación de incógnitas específicas.

Los últimos cinco minutos de sesión serán dedicados a la comparación de resultados y una reflexión por parte del alumnado sobre su rendimiento durante la actividad a modo de autoevaluación y coevaluación.

### **Aplicación práctica de la propuesta metodológica**

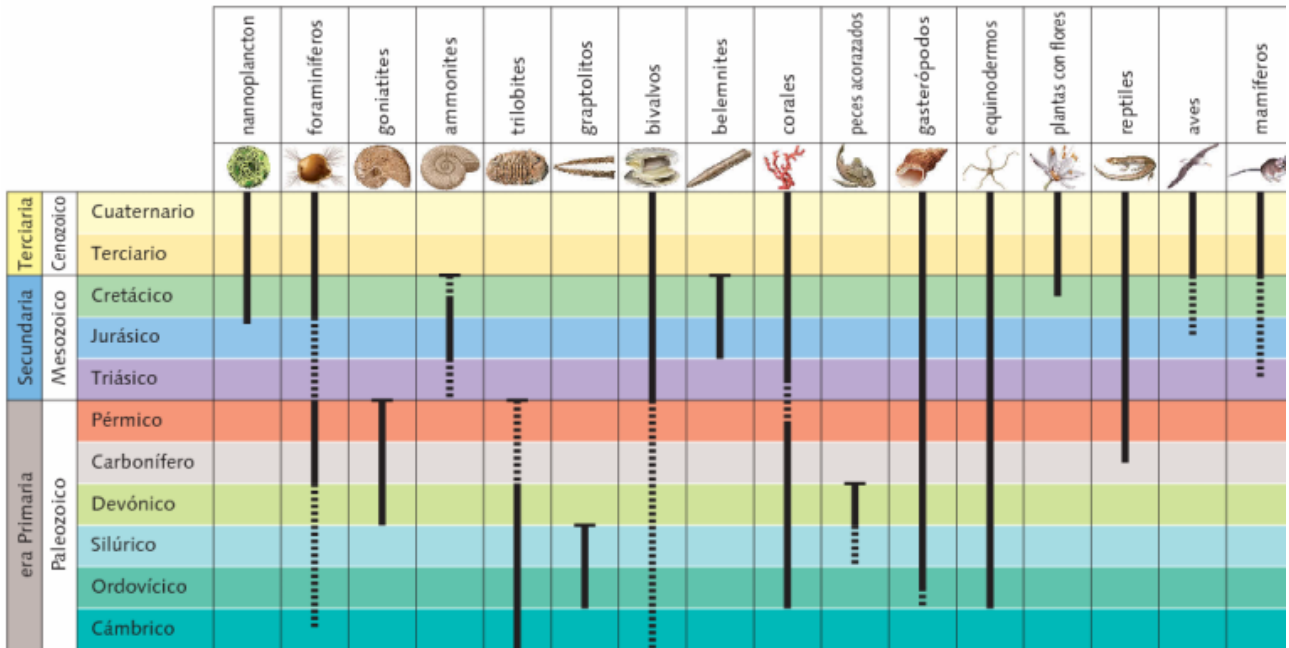
Se pretendía con este proyecto la aplicación práctica de la metodología en un centro educativo con el objetivo de observar y valorar los resultados del alumnado en el aprendizaje de los contenidos a través de la puesta en escena de las situaciones de aprendizaje. No obstante, dada la situación actual que se está enfrentando con respecto a la pandemia, la metodología propuesta en este trabajo sólo presentará un registro teórico debido a que no fue posible desarrollar el registro práctico a través de las Prácticas Externas de este Máster. En este caso, las prácticas debían haberse llevado a cabo en el Centro para Adultos CEPA de Tejina. Concretamente, la descrita propuesta ha sido diseñada para los cursos de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato.

Las prácticas se realizaron vía telemática, donde la propuesta fue adaptada considerablemente y dirigida únicamente para el curso de 1º de Bachillerato de Biología y Geología. Por lo tanto, se puede concluir que la propuesta de este proyecto no fue llevada a cabo íntegramente sino, por el contrario, adaptada para poder ser impartida a distancia a través de las nuevas tecnologías.

La mencionada adaptación constó de unos 50 minutos de duración, de los cuales 15 minutos fueron empleados en la introducción a la datación, sus utilidades, sus métodos y los principios en los que están basados. En otras palabras, a la contextualización teórica para la posterior actividad. Durante esta contextualización, se enfatizó en la definición y uso de los fósiles guía.

Los restantes 35 minutos fueron asignados al desarrollo de la actividad. Al alumnado se les mostró un conjunto de imágenes de diversos fósiles guía.

A su vez, se le pidió al alumnado que descargaran y prepararan dos figuras conteniendo los rangos temporales de los mencionados fósiles guía (Figura 23 y Figura 24).



Fósiles a lo largo del tiempo. Los periodos durante los cuales los fósiles de ese grupo son abundantes se representan en líneas gruesas; los periodos en los que los fósiles de ese grupo son escasos aparecen en líneas discontinuas.

Figura 23. Distribución temporal de diversos fósiles guía.

Fuente: <https://cienciasponferrada.files.wordpress.com/2013/01/tema-3-la-historia-de-la-tierra.pdf>



Figura 24. Distribución temporal de diversos fósiles guía. Creado por Romero, 2020.

Además de estas dos imágenes, se le aportó al alumnado en enlace correspondiente a la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (**Figura 19**) donde pueden visualizar la división del tiempo geológico en periodos.

A través del apoyo de estas dos imágenes facilitadas al alumnado y la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (**Figura 19**), se expone la siguiente actividad. Se le presenta al alumnado una secuencia geológica donde se han encontrado e identificado diversos fósiles guía en cada uno de sus estratos. El alumnado deberá trabajar conjuntamente para identificar los fósiles guía y sus rangos temporales para poder así cumplir el objetivo: asignar cada estrato del corte estratigráfico a un periodo geológico (**Figura 25**). Es otras palabras, el alumnado deberá realizar una datación absoluta a modo de intervalo en millones de años para cada estrato y a su vez deberá realizar una datación relativa, indicando el orden temporal de los estratos por periodos geológicos.

El alumnado habrá cumplido su cometido una vez resueltas las siguientes cuestiones:

- ¿Qué edad relativa presenta cada estrato? Den la respuesta en forma de un rango temporal en millones de años. ¿A qué periodo pertenece cada estrato?
- ¿Qué fósiles dan menos información?
- ¿Qué fósil es el más antiguo?
- ¿Qué estrato es el más moderno?
- Di con tus palabras la cronología del corte estratigráfico

Cabe destacar que el alumnado pudo colaborar estrechamente entre sus distintos integrantes, observando las imágenes con detenimiento y expresando una respuesta en común a cada una de las preguntas, especialmente a qué periodo geológico pertenece cada estrato. El alumnado fue guiado a través de pistas, preguntas clave y explicaciones pertinentes debido a que se encontraron con ciertas dificultades en un inicio respecto al entendimiento del ejercicio.

Finalmente, el alumnado tuvo la capacidad de completar la sucesión temporal de la columna estratigráfica y responde a todas las cuestiones planteadas.

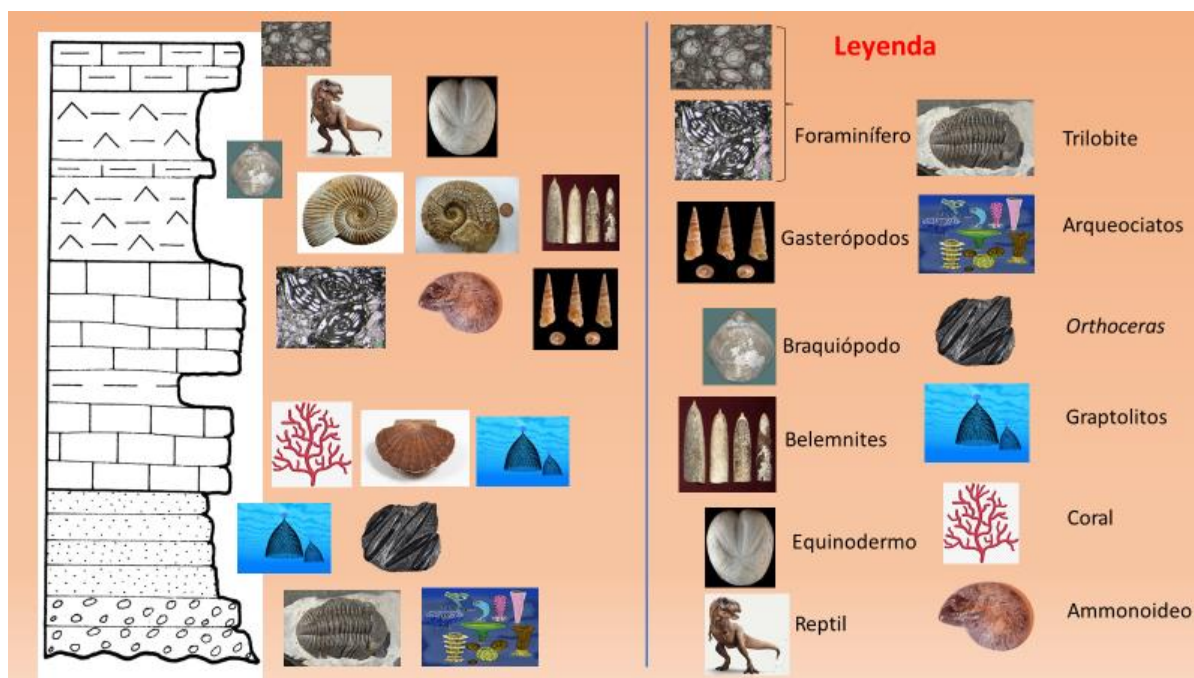


Figura 25. Actividad propuesta al alumnado. Creado por Romero, 2020.

## 8. Presupuesto de la innovación

El presupuesto de este proyecto viene definido por el coste de los materiales:

- Cartulinas, papel
- Una cuerda blanca
- Cintas métricas
- Pinzas de colores

Las cartulinas de colores presentan un costo de 0,20 euros cada una. Si contamos el número máximo de integrantes en un aula de 1º de Bachillerato (35) y calculamos unas 3 cartulinas por grupo, el coste total será 10,2 euros.

Una cuerda blanca de 25 metros de longitud tiene un valor aproximado de 5 euros. La cinta métrica puede ser aportada por el docente o el alumnado. En caso de adquirir una nueva por el precio 4 euros. Por último, un paquete de pinzas de colores puede costar hasta 3 euros cada paquete.

Se estipula entonces un presupuesto total 22,20 euros para la innovación del diseño metodológico expuesto anteriormente.

## 9. Anclaje del diseño metodológico al curriculum

El concepto de la datación y sus métodos, incluyendo la datación de la Tierra no se encuentran incluidos en el curriculum oficial de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato para la asignatura Biología y Geología. Por este motivo, se considera necesario anclar el contenido y la puesta en escena de las sesiones metodológicas redactas y definidas en el trabajo al curriculum oficial establecido por la Ley Orgánica 8/2013, fechada a 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE). La ley mencionada está regulada por el Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre, donde se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (BOE nº3 de 3 de enero de 2015), a nivel nacional. Teniendo en cuenta la complementación de los contenidos por parte de la comunidad autónoma de Canarias se han establecido dos decretos que regulen la LOMCE en la comunidad autónoma que actualmente nos compete. El DECRETO 315/2015, de 28 de agosto, por el que se fundamenta la ordenación de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias (BOC nº169, de 31 de agosto de 2015), y el DECRETO 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias (BOC nº136, de 15 de julio de 2016).

En referencia al anclaje que debe efectuarse en 4º de la ESO, se ha establecido que el contenido de las sesiones didácticas será anclado al bloque de aprendizaje 2 estipulado por el curriculum de Biología y Geología:

<b>Bloque 2: La dinámica de la Tierra</b>	
<b>Contenidos</b>	<b>Criterio de evaluación</b>
1. Contraste de información que muestra a la Tierra como un planeta cambiante desde su formación hasta el momento actual.	2. Identifica, recopila y contrasta información en diferentes fuentes mediante procesos de investigación dirigidos a reconstruir y datar algunos de los sucesos más notables ocurridos a lo largo de la historia de nuestro planeta, asociándolos con su situación actual, y a resolver problemas simples de datación relativa aplicando los procedimientos y principios básicos de la Geología, con el fin de reconocer a la Tierra como un planeta cambiante.
2. Reconocimiento de las ideas históricas sobre la edad de la Tierra. Aplicación de los principios y procedimientos que permiten reconstruir su historia e identificación de las divisiones del tiempo geológico.	
3. Interpretación de cortes geológicos sencillos y realización de perfiles topográficos aplicando los principios de superposición de estratos, superposición de sucesos y correlación.	
4. Integración de los procesos geológicos, climáticos y biológicos fundamentales de la historia de la Tierra en el tiempo geológico a partir de la selección y organización de la información procedente de diferentes fuentes.	
5. Utilización de los fósiles guía más característicos para situar en el tiempo eones, eras y periodos geológicos.	
<b>Estándares de aprendizaje evaluables</b>	
20. Identifica y describe hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante, relacionándolos con los fenómenos que suceden en la actualidad.	
21. Reconstruye algunos cambios notables en la Tierra, mediante la utilización de modelos temporales a escala y reconociendo las unidades temporales en la historia geológica.	
22. Interpreta un mapa topográfico y hace perfiles topográficos.	
23. Resuelve problemas simples de datación relativa, aplicando los principios de superposición de estratos, superposición de procesos y correlación.	
24. 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.	
25. Relaciona alguno de los fósiles guía más característico con su era geológica.	

**Tabla 2.** Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del bloque de aprendizaje 2: La dinámica de la Tierra.

El contenido a transmitir por este proyecto se relaciona mayormente con los contenidos geológicos 2, 3 y 5 de este bloque de aprendizaje.

Con respecto al anclaje que debe efectuarse en 1º de Bachillerato, se ha establecido que el contenido de las sesiones didácticas será anclado a los siguientes bloques de aprendizaje 7 y 8 estipulados por el curriculum de Biología y Geología mostrados en la siguiente página:

<b>Bloque 7: Estructura y composición de la Tierra. La tectónica de placas y la deriva continental.</b>	
<b>Contenidos</b>	<b>Criterio de evaluación</b>
1. Interpretación de los datos proporcionados por los diferentes métodos de estudio de la Tierra y reconocimiento de los avances tecnológicos en la investigación de nuestro planeta.	7. Caracterizar los diferentes métodos de estudio de nuestro planeta reconociendo sus aportaciones y limitaciones así como la aplicación de las nuevas tecnologías en la investigación geológica y establecer la estructura actual de la Tierra y los procesos que en ella tienen lugar a partir del análisis de los modelos geoquímicos y geodinámicos con la finalidad de precisar los aspectos fundamentales de la Tectónica de placas y reconocer la importancia que tuvo para su desarrollo la teoría de la deriva continental de Wegener.
2. Teorías sobre el origen de la Tierra.	
3. Realización de representaciones de la estructura del interior terrestre que muestren las variaciones composicionales y mecánicas, discontinuidades sísmicas y zonas de transición.	
4. Análisis y representación de las placas litosféricas y los fenómenos asociados en sus bordes.	
5. Recopilación y exposición de los aspectos fundamentales de la deriva continental y la Tectónica de placas.	
<b>Estándares de aprendizaje evaluables</b>	
109. Caracteriza los métodos de estudio de la Tierra en base a los procedimientos que utiliza y a sus aportaciones y limitaciones.	
110. Describe y expone las distintas teorías y procesos del origen del planeta.	
111. Resume la estructura y composición del interior terrestre, distinguiendo sus capas composicionales y mecánicas, así como las discontinuidades y zonas de transición entre ellas.	
112. Ubica en mapas y esquemas las diferentes capas de la Tierra, identificando las discontinuidades que permiten diferenciarlas.	
113. Analiza el modelo geoquímico y geodinámico de la Tierra, contrastando lo que aporta cada uno de ellos al conocimiento de la estructura de la Tierra.	
114. Detalla y enumera procesos que han dado lugar a la estructura actual del planeta.	
115. Indica las aportaciones más relevantes de la deriva continental, para el desarrollo de la teoría de la Tectónica de placas.	
116. Identifica los tipos de bordes de placas explicando los fenómenos asociados a ellos.	
117. Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de un fenómeno natural.	

**Tabla 3.** Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del bloque de aprendizaje 7: Estructura y composición de la Tierra. La tectónica de placas y la deriva continental.



<b>Bloque 8: Los procesos geológicos y petrogenéticos. Las estructuras geológicas.</b>	
<b>Contenidos</b>	<b>Criterio de evaluación</b>
1. Uso de claves para la identificación de los minerales y las rocas más comunes.	8. Relacionar la Tectónica de placas con los procesos petrogenéticos y las deformaciones, analizando los riesgos derivados de los procesos internos, así como ordenar y clasificar los distintos tipos de rocas atendiendo a su proceso de formación, su composición y textura, reconociendo las aplicaciones de interés social o industrial de determinados minerales y rocas.
2. Descripción de los procesos magmáticos intrusivos y efusivos.	
3. Interpretación del magnetismo en la Tectónica de placas.	
4. Determinación de los factores fisicoquímicos que condicionan los tipos de metamorfismo.	
5. Estudio de los procesos metamórficos en los diferentes contextos tectónicos.	
6. Análisis de los tipos de deformación en las rocas.	
7. Identificación e interpretación de los procesos sedimentarios.	
8. Identificación e interpretación de los conceptos de facie.	
9. Relación entre los procesos, productos y formas del vulcanismo canario con los tipos de actividad eruptiva en el archipiélago. Valoración del riesgo volcánico.	
10. Estudio del riesgo sísmico derivado de los procesos internos y su prevención.	
<b>Estándares de aprendizaje evaluables</b>	
117. Identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados tipos de minerales y rocas.	
118. Explica la relación entre el magmatismo y la tectónica de placas, conociendo las estructuras resultantes del emplazamiento de los magmas en profundidad y en superficie.	
119. Discrimina los factores que determinan los diferentes tipos de magmas, clasificándolos, atendiendo a su composición.	
120. Diferencia los distintos tipos de rocas magmáticas, identificando con ayuda de claves las más frecuentes y relacionando su textura con su proceso de formación.	
121. Relaciona los tipos de actividad volcánica, con las características del magma diferenciando los distintos productos emitidos en una erupción volcánica.	

122. Analiza los riesgos geológicos derivados de los procesos internos. Vulcanismo y sismicidad.
123. Clasifica el metamorfismo en función de los diferentes factores que lo condicionan.
124. Ordena y clasifica las rocas metamórficas más frecuentes de la corteza terrestre, relacionando su textura con el tipo de metamorfismo experimentado.
125. Detalla y discrimina las diferentes fases del proceso de formación de una roca sedimentaria.
126. Describe las fases de la diagénesis.
127. Ordena y clasifica las rocas sedimentarias más frecuentes de la corteza terrestre según su origen.
128. Asocia los tipos de deformación tectónica con los esfuerzos a los que se someten las rocas y con las propiedades de éstas.
129. Relaciona los tipos de estructuras geológicas con la tectónica de placas.
130. Distingue los elementos de un pliegue, clasificándolos, atendiendo a diferentes criterios.
131. Reconoce y clasifica los distintos tipos de falla, identificando los elementos que la constituyen.

**Tabla 4.** Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del bloque de aprendizaje 8: Los procesos geológicos y petrogenéticos. Las estructuras geológicas.

El contenido a transmitir por este proyecto se relaciona mayormente con el contenido 1 del bloque de aprendizaje 7, donde debe reconocerse el avance tecnológico en el estudio de nuestro planeta. Por otro lado, dentro del bloque de aprendizaje 8, relacionamos nuestra metodología con el contenido 1 donde el alumnado tendrá conocimientos previos sobre la clase de rocas que pueden datar y el contenido 9, donde se definen diversos productos volcánicos que pueden ser objeto de dataciones relativas.

## 10. Evaluación

Debido a que la principal intención de este trabajo es adoptar e integrar un nuevo método de enseñanza será también necesario un nuevo método de evaluación. Dentro de dicha evaluación es posible la inclusión de pruebas escritas a modo de exámenes tradicionales. No obstante, se pretende alejar la evaluación de las situaciones de aprendizaje descritas de la evaluación tradicional, centrando las variables de la evaluación en el progreso y la capacidad de aprendizaje del alumnado en base a los contenidos así como en las aptitudes adquiridas, como el trabajo colaborativo. Por otro, es evidente que el profesorado se encuentre sobrecargado al intentar realizar un

seguimiento por cada individuo de la clase. Por este preciso, motivo el profesorado debe definir desde el inicio los objetivos que desea conseguir en su alumnado junto que destrezas y habilidades interpersonales desea desarrollar y trabajar.

En primer lugar, se distinguen tres clases de evaluaciones según la finalidad y en lo referentes a normas y criterios (Álvarez et al., 2007) (Yodra, 2001):

- **Evaluación diagnóstica:** Evaluación que ajusta el inicio del proceso educativo a la clase como grupo (Doménech y García, 2004). La evaluación es aplicada según la necesidad pedagógica, solo al inicio de una unidad, tema o situación de aprendizaje, para obtener evidencia sobre el grado de dominio de los alumnos, sobre aquellos conocimientos y/o habilidades que se requieren para la adquisición de los nuevos aprendizajes programados. Esta evaluación no se califica y sus resultados deben dar origen a la mantención o reformulación de lo establecido en la planificación (Yodra, 2001).
- **Evaluación formativa:** Esta evaluación representa la parte central y más extensa del proceso enseñanza - aprendizaje (Giné & Parcerisa, 2000). Se aplica periódicamente, según lo planificado, con la finalidad de obtener evidencia sobre los logros de aprendizaje parciales. De esta manera se asegura que el aprendizaje se está produciendo durante todo el proceso (Yodra, 2001). Esta evaluación no se califica y sus resultados deben orientar la toma de decisiones metodológicas por parte del docente, para asegurar éxito al momento de aplicar la evaluación sumativa.
- **Evaluación sumativa:** Evaluación utilizada para determinar si los alumnos han alcanzado o no y hasta qué punto los objetivos educativos propuestos (Álvarez et al., 2007). Esta evaluación es siempre calificada y sus resultados se utilizan para determinar el grado de aprendizaje de los alumnos y la calidad y adecuación de las estrategias utilizadas por el profesorado. Esta evaluación es adjudicada únicamente al docente (Yodra, 2001).

Se enumeran ahora las características de cada de las evaluaciones descritas a modo de tabla (**Tabla 5**).

<b>Evaluación diagnóstica</b>	<b>Evaluación formativa</b>	<b>Evaluación Sumativa</b>
Recoge y reúne información sobre los conocimientos previos del alumnado.	Es aplicada durante todo el proceso de aprendizaje.	Se utiliza al final del proceso educativo.
Permite adaptar la programación de la asignatura o la estructura de la situación de aprendizaje.	Ofrece un feedback inmediato tanto al profesorado como al alumnado.	Incluye la decisión sobre la nota numérica e individual del alumnado.
Constituye una fuente de información para el alumnado.	Supone cierta dificultad al confundirse con la evaluación sumativa y al implicar un cambio en la metodología.	Recoge información sobre el progreso y nivel de aprendizaje del alumnado.
Desarrollo la competencia Aprender a Aprender.		Valora los resultados y la efectividad de las estrategias docentes.
Anticipa el contenido impartido.		
Promueve la participación activa del alumnado.		

**Tabla 5.** Características principales de los tipos de evaluaciones descritos (Álvarez et al., 2007). Modificado por Romero, 2020.

Descritos los tipos de evaluación y los momentos en los que pueden ejecutarse, es necesario definir las áreas sujetas al proceso de evaluación (**Tabla 6**). Se enfatiza especialmente en el carácter participativo que presentan las metodologías de enseñanza expuestas del Aula Invertida, la Gamificación y el Aprendizaje Cooperativo convirtiendo al alumnado en protagonista.

Área	Características evaluables
Preparación e interpretación de las actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplica y se apoya en los conocimientos previos.</li> <li>- Comprende y asimila la metodología de la actividad y sus objetivos.</li> <li>- Realiza la búsqueda y selecciona la información más relevante y fiable.</li> <li>- Demuestra iniciativa, motivación, organización, creatividad y un pensamiento eficiente en el desarrollo de las actividades.</li> <li>- Demuestra un pensamiento y aprendizaje crítico y basado en el rigor científico.</li> </ul>
Habilidades y aptitudes interpersonales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se desenvuelve en el aprendizaje cooperativo.</li> <li>- Demuestra una buena comunicación con el resto de los participantes.</li> <li>- Muestra un comportamiento adecuado y respetuoso con el resto de integrantes de la clase.</li> <li>- Es consciente y responsable de su propio proceso de aprendizaje.</li> </ul>
Trabajo grupal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demuestra una eficiente actitud colaborativa en las actividades grupales.</li> <li>- Escucha y recoge las conclusiones y afirmaciones de su equipo, junto con la de los equipos o individuos restantes.</li> <li>- Identifica y procesa grupalmente la información.</li> <li>- Aporta y comparte ideas propias.</li> </ul>

**Tabla 6.** Características de las áreas sujetas a la evaluación del alumnado.

Por último, se exponen las técnicas de evaluación (**Tabla 7**) donde se rechaza el uso excesivo de instrumentos de evaluación tradicionales como los exámenes escrito donde predomine el uso de la memoria sin aprendizaje ninguno. La retención memorística del contenido no favorecerá el interés ni la motivación del alumnado por obtener nuevos conocimientos sino todo lo contrario.

Área	Características evaluables
Pruebas Escritas	Se desaconsejan las pruebas o exámenes de recuerdo, como las pruebas de respuesta simples, tipo test o de texto mutilado. Se propone en su lugar, la realización de actividades similares a las realizadas donde se evalúa la capacidad del alumnado de transferir los conocimientos adquiridos a esas actividades o ejercicios. Las pruebas pueden incluir actividades de asociación y ordenación de conceptos.
Exposición oral	Las pruebas de exposición o presentaciones orales deben estimular la mejora de las habilidades expositivas y explicativas. Dichas pruebas impulsan la interacción entre el alumnado así como su participación así como entre el alumnado y el profesorado.
Mapas conceptuales	El alumnado demuestra su conocimiento mediante la creación de conexiones lógicas de ideas o conceptos y su representación gráfica.
Trabajos y proyectos	A través de la realización de trabajos o proyectos el alumnado desarrolla la búsqueda autónoma de información y el contraste de sus diversas fuentes de datos, mejorando su sentido crítico y criterio científico. Además, este instrumento de evaluación permitirá al alumnado mejorar su capacidad en la expresión escrita.
Autoevaluación	Favorece la reflexión del alumnado en el análisis de los conocimientos aprendidos. Permite que el alumnado encuentre así sus propias lagunas de conocimientos.
Coevaluación	Permite al alumnado desarrollar la habilidad a otros a aprender. Se potencia el aprendizaje a través de la retroalimentación que surge de las críticas constructivas y observaciones personales entre el alumnado.
Evaluación al profesorado	Mejora la implicación del alumnado en el aula y en el desarrollo de las situaciones de aprendizaje.

**Tabla 7.** Instrumentos de evaluación.

Se han presentado los instrumentos de evaluación que el profesorado podrá aplicar tras la implementación de las estrategias de la Gamificación, el Aprendizaje basado en el Pensamiento, el Aula Invertida y el Aprendizaje Cooperativo (**Tabla 7**).

## **12. Valoración personal**

La enseñanza de las ciencias a base de libro y libreta sigue, por desgracia, predominando en nuestro país. Este hecho puede acarrear a una clara falta de motivación por parte del profesorado en lo que respecta a la vocación de enseñar. El profesorado se encuentra enmarcado en un modo de enseñanza tradicional. Es por ello por lo que realizan su labor desde una posición estable y cómoda en referencia a impartir la asignatura de Biología y Geología. Este hecho provoca una monotonía y como consecuencia una sensación de desasosiego tanto en el alumnado, que no aprende y en el profesorado, que no enseña. Existen hoy en día numerosos materiales y recursos disponibles para su uso por parte del profesorado. Un claro ejemplo son las nuevas tecnologías que pueden transportar a lugares o mostrar procesos sin la necesidad de ser observadas e impartidas in situ. No obstante, he concluido que actualmente el profesorado es más propenso a utilizar materiales clásicos como libros o presentaciones recicladas. El profesorado rehúsa por lo general a la innovación docente.

La Biología y la Geología son ciencias con un amplio arco teórico y conceptual. Por otro lado, representan una de las ciencias como un campo experimental y empírico más extenso. Ambas deben situarse en el campo para la adecuada comprensión e integración de sus contenidos. No obstante, cierto es, que la observación en campo es intensa y consume mucho tiempo. Por este motivo, a través de este trabajo exponemos una nueva e innovadora metodología en la enseñanza del marco teórico biológico y geológico, de manera que se fomente el aprendizaje crítico y científico del alumnado. La datación de la Tierra es un tema desconocido para la gran mayoría del alumnado de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato, lo que les permitirá incorporar conocimientos nuevos de una forma distinguida e innovadora y asociarla con los contenidos ya impartidos en el curriculum. Debo hacer especial mención al crecimiento de la motivación del alumnado en respuesta a las actividades que el docente les plantea en las situaciones de aprendizaje. La respuesta positiva del alumnado al mostrar una actitud más participativa

durante la respuesta en escena de las estrategias de enseñanza, sin duda, hará crecer la motivación del profesorado. A ello, le añadimos la obtención de unos mejores resultados en el aprendizaje, el rendimiento y la actitud del alumnado.

Lo que se pretende con las actividades presentadas a modo de resultados junto con las ventajas aportadas por los métodos de enseñanza descritos son las siguientes:

- Fomentar el aprendizaje activo convirtiendo al alumnado en los protagonistas de las sesiones, tanto en la teoría como en la práctica.
- Mejorar el criterio científico del alumnado a través su propia búsqueda de información y uso eficiente de los datos.
- Desarrollar el aprendizaje cooperativo y la comunicación y propuesta de ideas mediante la estrecha colaboración por grupos de trabajos.
- Motivar al alumnado en la adquisición de nuevos conocimientos en la asignatura Biología y Geología a través de la innovación de las metodologías docentes.
- Impulsar la obtención de buenos resultados académicos que den lugar a una consecuente motivación del profesorado hacia la innovación docente.
- Ayudar al alumnado a encontrar sus lagunas y necesidades individuales en el aprendizaje.
- Permitir un enfoque de la datación cotidiano al alumnado, otorgándole una coherencia a los contenidos impartidos así como simplificar y adaptar a la realidad las bases del concepto y proceso de datación.

Se debe tener en cuenta, las dificultades que el profesorado enfrentará al aplicar las metodologías de enseñanza sobre la datación de la Tierra. El primer problema reside en el sobreesfuerzo que la innovación en los métodos de enseñanza supone. Este sobreesfuerzo se traduce en un exceso en la carga y volumen de trabajo. Si el profesorado presenta dificultades en la preparación de sesiones diarias, la preparación en sobre el papel y la preparación práctica de nuevas e innovadoras situaciones de aprendizaje sobre los contenidos resulta abrumante. No sólo el esfuerzo es un factor para tener en cuenta. El tiempo es otra variable que corre en contra del profesorado. El margen para la planificación de las sesiones habituales es escaso debido a la carga lectiva. Ello significa que la inversión de tiempo en la planificación de nuevas metodologías docente es inmensamente mayor.



Sin embargo, no creo que la falta de tiempo y de esfuerzo sea la principal causa del fracaso en nuevas metodologías docentes de enseñanza. Considero que la carencia de una motivación en el profesorado es la principal causa y el origen del rechazo a la innovación docente. El exceso de esfuerzo y la necesidad de una mayor cantidad de tiempo pueden definirse como dos factores que acentúan esa falta de motivación.

Por estos motivos, el profesorado tiende en ciencias a adoptar una enseñanza a base de clase magistral explicando el contenido teórico a modo de monólogo o apoyándose en recursos y materiales tradicionales como libros o presentaciones con exceso de información teórica.

Por otro lado, no podemos pretender que el profesorado aplique o prepare nuevas estrategias en cada una de sus lecciones sino que aplique dichas metodologías con ingenio. Para poder lograr este objetivo considero fundamental la estrecha colaboración del conjunto del profesorado para desarrollar proyectos a largo plazo, además del uso de las nuevas tecnologías. Internet es hoy en día una fuente rica y extensa de información.

Otro de los inconvenientes que puede perjudicar el desarrollo de las sesiones sugeridas es el propio alumnado. El docente en cuestión debe asegurarse de exponer y clarificar los objetivos y normas de cada actividad con la misión de impedir que el alumnado interprete el contenido de las actividades como un mero juego o un entretenimiento y no como una forma de aprendizaje. Se subraya aquí, la importancia del docente como guía. Dicho papel cobra más importancia en la sesión de aprendizaje sujeta a la estrategia del Aula Invertida.

En definitiva, el expuesto proyecto constituye una innovación docente en la asignatura de Biología y Geología a través de los contenidos en la datación geológica de la Tierra y su carácter interdisciplinar. El alumnado se verá envuelto en una serie de situaciones de aprendizaje a modo de introducciones teóricas, actividades y ejercicios sobre la datación, sus utilidades sus métodos y su aplicación práctica. Ese conjunto de situaciones aportará nuevos conocimientos al alumnado y les permitirá relacionar esos conocimientos con el saber previo o el contenido impartido en el curriculum.

El profesorado tendrá la oportunidad de implementar diversas metodologías de aprendizaje en el ámbito práctico y teórico donde ayudarán al alumnado a desarrollar los nuevos contenidos, los valores de la cooperación y colaboración, el pensamiento crítico científico, las debilidades en el aprendizaje de cada individuo, la comunicación, la mejora en el procesamiento de datos y la búsqueda autónoma de información entre otras habilidades y competencias. En general, estas metodologías impulsarán el aprendizaje activo del alumnado sobre los contenidos.

Más aún, la puesta en práctica de este trabajo contribuirá intensamente en la motivación del alumnado y el interés por la asignatura y a su vez, contribuirá a la motivación del profesorado por introducir nuevas estrategias docente en la enseñanza de la Biología y Geología.

## **Agradecimientos**

Quisiera agradecer a Irene López Machín, educadora social por la aportación de ideas para este proyecto. Quiero agradecer también a mi tutor Antonio Manuel Eff-Darwich Peña por su guía y seguimiento.

## **Bibliografía**

**Alexander Oliva, H.** 2016. La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. Realidad y Reflexión. nº 44.

**Álvarez, B., González, C. y García, N.** 2007. La motivación y los métodos de evaluación como variables fundamentales para estimular el aprendizaje autónomo. Red U. Revista de Docencia Universitaria, Número 2. Consultado (día/mes/año) en [http://www.redu.um.es/Red\\_U/2](http://www.redu.um.es/Red_U/2)

**Arribas, J. G., Calderón, T. y Blasco, C.** 1989. Datación absoluta por termoluminiscencia: un ejemplo de aplicación arqueológica. Trabajos de Prehistoria (CSIC) 46: 231-246. ISSN 0082-5638.

**Baker, J.; Bizzarro, M; Wittig, N; Connelly, J; Haack, H.** 2005. Early planetesimal melting from an age of 45662 Gyr for differentiated meteorites. Nature (436).

**Bordenave Díaz, J., Martins Pereira, A. 1982.** Estrategias de enseñanza – aprendizaje, orientaciones didácticas para la docencia universitaria.

**Bristol, T. 2014.** Flipping the Classroom. *Teaching and Learning in Nursing*, 9(1), 43-46.

**Carracedo, C. J., et al., 2003.** Dataciones radiométricas  $^{14}\text{C}$  y K/AR del Teide y el rift noroeste, Tenerife, Islas Canarias. *Estudios Geol.*, 59: 15-29.

**Dalrymple, G. Brent. 1991.** *The Age of the Earth.* Stanford University Press. ISBN 0-8047-2331-1.

**Díaz Barriga, F., Hernández Rojas, G.** Estrategias para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista.

**Dickin, A. P. 1995.** *Radiogenic Isotope Geology.* Cambridge, Cambridge University Press. ISBN 0-521-59891-5.

**Doménech, F. y García, F. 2004.** Criterios de evaluación. Guía didáctica del profesorado universitario. <http://sic.uji.es/cursos/use/virtual/guiadid/213cuan.html>

**England, C. P., Molnar, P., Richter, M, F. Kelvin.** *Perry and the Age of the Earth.* American Scientist.

**Faure, G. 1986.** *Principles of isotope geology.* Cambridge, Cambridge University Press. ISBN 0-471-86412-9.

**Fortanet van Assendelft de Coningh, C.A., González Díaz, C., Mira Pastor, E., López Ramón, J.A. 2013.** Aprendizaje cooperativo y flipped classroom. Ensayos y resultados de la metodología docente. 978-84-695-8104-9.

**García, R., Traver, J., Candela, I. 2001.** Aprendizaje cooperativo. Fundamentos, características y técnicas. Madrid: CCS.

**González Fernández, N. & García Ruiz, R. M. 2007.** El Aprendizaje Cooperativo como estrategia de Enseñanza-Aprendizaje en Psicopedagogía (UC): repercusiones y valoraciones de los estudiantes. *Revista Iberoamericana de Educación* (ISSN: 1681-5653). n.º 42/6.

**Gradstein, F. M; Agterberg, F. P., Ogg, J. G., Hardenbol, J., van Veen, P., Thierry, J., Huang, Zehui.** 1995. Geochronology, Time Scales, and Global Stratigraphic Correlation. En Bergren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M. P. et al., eds. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication (54): 95-126.

**Hedman, Matthew.** 2007. Meteorites and the Age of the Solar System. The Age of Everything. University of Chicago Press. pp. 142–162. Archived from the original on 2018-02-14.

**Holmes, A.** 1911. The Association of Lead with Uranium in Rock-Minerals, and Its Application to the Measurement of Geological Time. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 85 (578): 248. Bibcode:1911RSPSA..85..248H. doi:10.1098/rspa.1911.0036.

**Jacques, T.** 1984. Pr histoire et technologie lithique. Par s:  ditions du Centre National de la Recherche Scientifique. ISBN 2-222-02718-7.

**Johnson, D. & Johnson, R.** 1991. Learning together and alone. Cooperative, competitive, and individualistic learning. Needham Heights, Allyn and Bacon.

**Kagan, S.** 1994. Cooperative Learning. San Juan Capistrano, California, Kagan Cooperative Learning.

**López Pastor, M. V.** 2005. T ndem. [Versión electrónica]. Revista T ndem 17.

**Lucena Hinojo, J. F. et al.,** 2019. Influencia del aula invertida en el rendimiento académico. Una revisión sistemática.

**Martínez, A. S.** 2017. El análisis químico de residuos de huellas digitales latentes. Su posible aplicación en el proceso de datación. Universidad Nacional de Córdoba.

**Martínez-Olvera, W., Esquivel-Gómez, I., & Martínez Castillo, J.** 2014. Aula Invertida o Modelo Invertido de Aprendizaje: Origen, Sustento e Implicaciones. En I. Esquivel G mez, Los Modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo xxi (pp. 143-160). México: Licencia Creative Commons.

**Medina Moya, L. J.** 2016. La docencia universitaria mediante el enfoque del aula invertida. 978-84-9921-842-7.

**Morón Monge, H., Morón Monge, M.d.C., Wamba Aguado, A. M. y Jiménez Pérez, R.** 2012. Una propuesta metodológica para la enseñanza de la biología y geología en la educación secundaria. *Revista de Educación en Biología*, 2, 58-68.

**Oyola Moreno, A. C.** 2019. Estrategia de gamificación para la enseñanza de las Normas Internacionales de Información Financiera a los estudiantes. ISBN 978-84-09-19568-8.

de Contaduría de la Universidad Autónoma de Bucaramanga

**Patterson, C. 1956.** Age of meteorites and the earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta* (10).

**Perry, J.** 1895. On the age of the earth. *Nature* 51:224-227.

**Perry, J.** 1895. On the age of the earth. *Nature* 51:341-342.

**Perry, J.** 1895. On the age of the earth. *Nature* 51:582-585.

**Pliego Prenda, N.** 2011. El aprendizaje cooperativo y sus ventajas en la educación intercultural. 1989 – 3558.

**Ramírez Mora, F. B. & Hernández Suárez, A. C.** 2017. Las Aulas Invertidas: Una estrategia para enseñar y otra forma de aprender física.

**Rudge, John F., Kleine, T., Bourdon, B.** 2010. Broad bounds on Earth accretion and core formation constrained by geochemical models. *Nature Geoscience* 3: 439-443.

**Sánchez Saiz, C. & Rivas, F. S.** 2012. Pensamiento crítico y aprendizaje basado en problemas.

**Sánchez Valda, F. & Rivero Arteaga, C.,** 2015. Diseño e implementación de una estrategia de gamificación en una plataforma virtual de educación. *Fides et ratio*. Vol. 9. ISSN 2071-081X.

**Steno, N.** 1661. *Nicolai Stenonis De glandulis oris et novis earundem vasis observationes anatomicæ.*

**Swartz, R. J., et al.,** 2014. El aprendizaje basado en el pensamiento. Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI. 978-84-675-5612-4.

**Tarbuck, J. E. & Lutgens, K. F.** 2005. Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. 8ª edición.

**Tiburcio Moreno, O.** 2002. Cultura profesional del docente y evaluación del alumnado. vol. XXIV, núm. 95, pp. 23-36.

**Yodra, E.** 2001. Reglamento de evaluación y promoción escolar y otras disposiciones relativas a esta materia. [www.fs.mineduc.cl](http://www.fs.mineduc.cl)

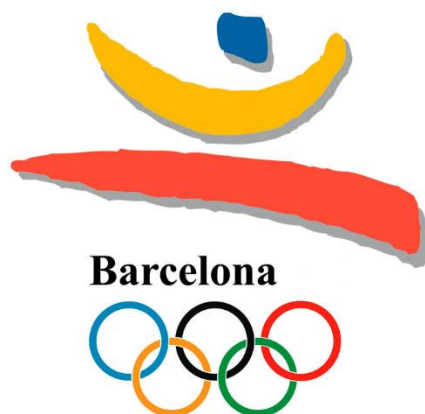
**Wilde, S. A.; Valley, J. W.; Peck, W. H.; Graham, C. M. 2001.** Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. Nature (409).

## Anexos

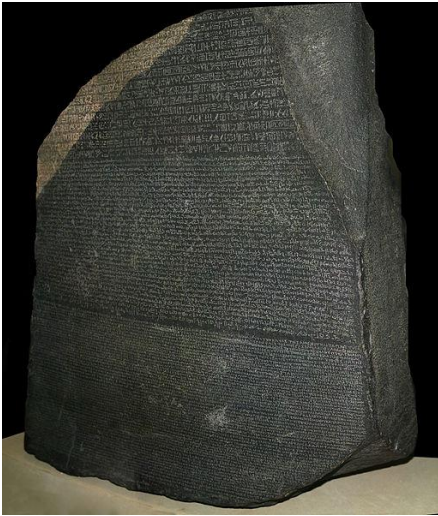
### Anexo 1: Tarjeta de valores de datación



### Anexo 2: Imágenes del juego Adivina adividata



**A**



**C**



**D**



**E**

**F**

**A:** Decenas de años; Juegos Olímpicos Barcelona; 1992.

**B:** Millones de años; Gran extinción del K-T (Cretácico – Terciario/Paleógeno); 66 millones de años.

**C:** Miles de años; Piedra Rosetta; 196 A. C. 2216 miles de años.

**D:** Millones de años; Estromatolitos; 3700 millones de años.

**E:** Meses; Pandemia del coronavirus; 11 de marzo de 2020.

**F:** Miles de años; Primer individuo de *Homo sapiens sapiens* encontrado; 315000 años.



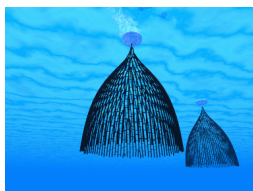
### Anexo 3: Listado de fósiles guía del Fanerozoico



Fósiles extintos conocidos como Trilobites, pertenecientes a la clase de artrópodos Trilobita. Representan los fósiles más característicos del Paleozoico.



Fósiles extintos conocidos como Arqueociatos. Son un grupo extinto de organismos marinos sésiles de forma cilindro-cónica, incluidos dentro del filo Porífera.



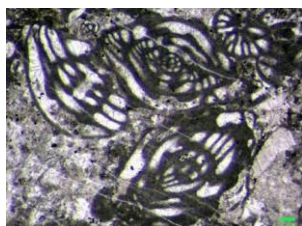
Fósiles extintos conocidos como Graptolitos. Los graptolitos son una clase extinta perteneciente al filo Hemichordata. La imagen corresponde al género *Didymograptus*.



*Orthoceras* es un género extinto de moluscos cefalópodos incluido en la subclase Nautiloidea.



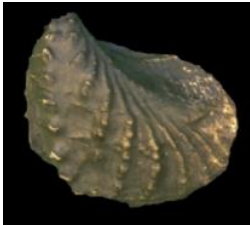
Fósil guía denominado Goniatite. Este fósil está extinto y perteneció al grupo de los cefalópodos ammonoideos.



Fusulinida es un orden extinto de foraminíferos de la clase Foraminifera, o Foraminifera. Los foraminíferos fusulínidos son excelentes fósiles guía.



Fósil pteridosperma, conocidas comúnmente como helechos con semillas. Pertenece al género extinto *Neuropteris*.



Fósil representativo del género *Trigonina*, un género extinto de almejas de agua salada, molusco bivalvo marino fósil de la familia Trigoniidae.



Los crinoideos son una clase pertenecientes al filo de los equinodermos. Muchas especies siguen con vida en la actualidad, sin embargo, otras especies se extinguieron y actúan como fósiles guía. La imagen pertenece al género *Encrinus*.



Fósil extinto perteneciente al género *Ceratites*. Dicho género se incluye dentro de los cefalópodos ammonoideos y vivieron en hábitats marinos en lo que ahora se conoce como Europa, Asia y Norte América.



Los belemnoides, conocidos popularmente como belemnites, son un grupo extinto de moluscos cefalópodos de la subclase de los coleoideos. Eran similares a los calamares y a las sepias actuales; poseían una concha interna que ha fosilizado con mucha frecuencia.



Los terebratúlidos son un orden de braquiópodos caracterizados por tener conchas con forma circular u oval.



*Heteraster* es un género extinto de equinodermos, concretamente de erizos de mar perteneciente a la familia Toxasteridae.



Los dinosaurios (Superorden Dinosauria) son un grupo de saurópsidos. Los dinosaurios son un grupo diverso de animales desde el punto de vista taxonómico, morfológico y ecológico. Usando la evidencia fósil, los paleontólogos han identificado cerca de 500 géneros distintos<sup>7</sup> y más de mil especies diferentes de dinosaurios no avianos.<sup>8</sup> Los dinosaurios están representados en cada continente tanto por especies existentes como por restos fósiles.



*Nummulites* es un género de foraminífero bentónico extinto de la familia Nummulitidae y del orden Rotaliida. Al igual que los fusulínidos, los nummulites son excelentes fósiles guía.



*Deinotherium* es un género extinto de mamíferos proboscídeos de la familia Deinotheriidae, conocidos popularmente como dinoterios. Los dinoterios habitaron partes de Asia, de África y de Europa.



Huesos del género *Equus*, un género de mamíferos perisodáctilos de la familia Equidae. Es el único género superviviente de una familia antaño muy próspera y diversa.