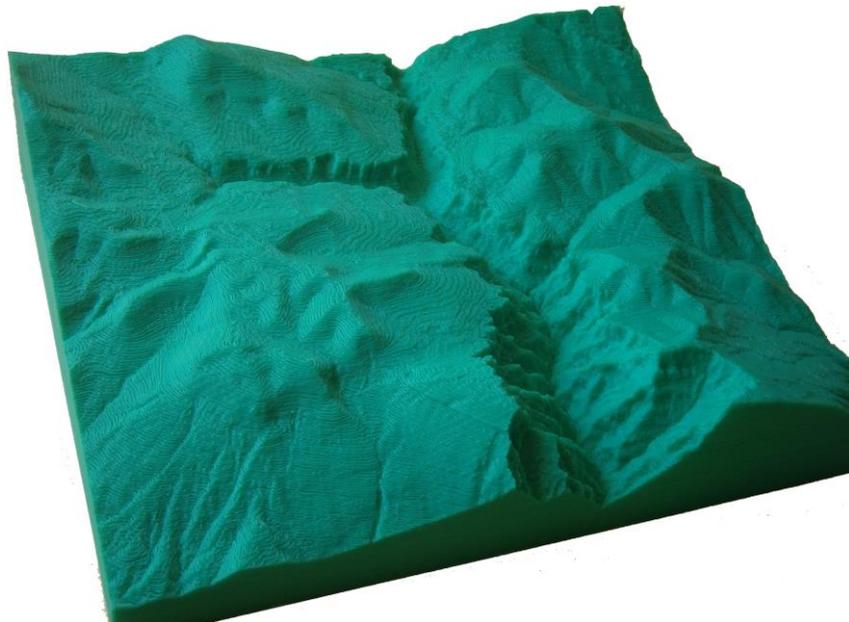




UNA NUEVA DIMENSIÓN EN EL AULA

BANCO DE ACTIVIDADES PARA LA ENSEÑANZA DE
LA GEOLOGÍA MEDIANTE EL USO DE LA IMPRESIÓN
3D. INCLUSIÓN DEL ALUMNADO CON DEFICIENCIA
VISUAL.



Ángela Lao Peregrín

Granada, Septiembre 2016



MÁSTER UNIVERSITARIO DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN

SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN

PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS.

[Especialidad Biología-Geología]

TRABAJO FIN DE MÁSTER

UNA NUEVA DIMENSIÓN EN EL AULA.

**BANCO DE ACTIVIDADES PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA MEDIANTE EL USO DE LA
IMPRESIÓN 3D.INCLUSIÓN DEL ALUMNADO CON DEFICIENCIA VISUAL**

Autora:	V.B. Director
Fdo.: Ángela M ^a Lao Peregrín	Fdo.: Ricardo Casas del Castillo

Resumen

El propósito de este trabajo es crear un variado banco de actividades que incorpore una innovadora herramienta, la impresión 3D, con objeto de ayudar a alcanzar un aprendizaje significativo. Uno de los aspectos más valiosos de esta técnica aplicada a la educación es el permitir una exploración más auténtica de objetos y conceptos planteando nuevas posibilidades en la enseñanza, siendo además una herramienta poderosa para facilitar el aprendizaje de personas con discapacidad visual. Se abordan diferentes temáticas: tectónica de placas, tiempo geológico, volcanes, terremotos, estratigrafía y topografía. Se pretende que este trabajo ayude a que los estudiantes visualicen desde otra perspectiva (o con el tacto para aquellos que presenten discapacidad visual) gráficas, fósiles y formaciones geológicas a escala. Se fomenta especialmente una metodología centrada en la indagación y el trabajo cooperativo, que favorecen en el alumnado la capacidad de aprender por sí mismos y promueven el trabajo en equipo, fomentando el pensamiento racional y crítico que conlleva la lectura y la investigación. Además, se centra especialmente en la atención a la diversidad y el acceso de todos los estudiantes a la educación común.

Palabras clave: Impresión 3D, discapacidad visual, geología, aprendizaje por indagación, aprendizaje cooperativo, atención a la diversidad.

Abstract

This work consists of a bank of activities that will be carried out with an innovative tool, with 3D printed models to achieve meaningful learning. One of the most significant aspects of 3D printing for education is that it enables more authentic exploration of objects and concepts that raising new possibilities for learning activities. A 3D printer is also a great tool to facilitate the learning of visually impaired students. It will address different areas of geology, tectonics, geologic time, volcanoes, earthquakes, stratigraphy and topography. Indeed, this work helps students visualize from another perspective (or touch form for student who presenting visual impairment) of graphics, fossils and geological formations. The methodology focused on inquiry based approaches to science education and cooperative learning, which involves in students the ability to learn by themselves and promote teamwork. Promoting rational and critical thinking involved reading and research is especially encouraged. It allows for attention to diversity and access for all students.

Keywords: 3D printing, visual impairment, geology, inquiry learning, cooperative learning, attention to diversity.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN	1
1.1 Dificultades de aprendizaje e ideas previas del área de la Geología.	2
1.2 Alfabetización Científica.....	3
1.3 Impresión 3D.....	6
1.4 Deficiencia visual e impresión 3D.....	8
1.5 Metodología didáctica utilizada.....	11
1.5.1 Trabajo cooperativo.....	12
1.5.2 Indagación.....	16
2. CONTEXTUALIZACIÓN CURRICULAR	19
3. ACTIVIDADES	22
Actividad 1: Volcanes	24
Actividad 2: Terremotos	37
Actividad 3: Tiempo Geológico	52
Actividad 4: Tectónica de placas	66
Actividad 5: Estratigrafía, cortes geológicos y topografía	84
4. REFLEXIÓN FINAL Y TRABAJO FUTURO	104
5. BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	111
6.1 Anexo. Descripción plataformas modelos 3D.....	111
6.2 Anexo: fósiles.....	114

1. INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN

El propósito de este trabajo es el de generar una variada colección de actividades relacionadas con el área de la Geología. Una de las novedades será el uso de materiales didácticos obtenidos mediante una impresora 3D, que constituyan herramientas de aprendizaje con las que ayudar al alumnado a comprender los conceptos de esta asignatura y a aumentar su motivación para su estudio. Este tipo de material representa un recurso muy valioso a la hora de conseguir la integración de los estudiantes con deficiencia visual, a los que se pretende hacer partícipes de forma activa en todas las actividades.

Además, en todas se utilizan diversas metodologías basadas en la indagación y el trabajo cooperativo, y se hace un uso intensivo de las posibilidades que ofrecen las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Las Ciencias de la Tierra aportan respuestas sobre la historia de los paisajes que vemos diariamente, nos permiten gozar del placer de conocer y reconstruir la historia de las regiones en las que vivimos, y poner en valor y hallar sentidos, antes “ocultos”, a las geoformas del relieve, las rocas y los acontecimientos geológicos que nos rodean.

Frecuentemente, entre los estudiantes surgen hechos o hallazgos asombrosos que promueven la formulación de preguntas y estimulan la imaginación e incentivan la aventura de conocer: ¿Cómo es posible encontrar plantas fósiles en zonas que hoy en día son desiertos? ¿Por qué en algunas montañas hay fósiles marinos en la cima? ¿Cómo es que coinciden tan extraordinariamente las costas de Sudamérica con las de África sobre el océano Atlántico? ¿Cómo sabemos que el Océano Atlántico se está ensanchando? ¿Por qué existen plantas fósiles idénticas, de unos 230 millones de años, en Argentina, África y Antártida, siendo que hoy en día sus climas son tan diferentes? ¿Cómo se explica que sucesos como los tsunamis, los terremotos o el vulcanismo, ocurran con altísima frecuencia en determinadas zonas del planeta? La teoría de la tectónica de placas, junto con la de la evolución biológica, aportan fascinantes explicaciones para estos hechos y es un derecho de toda persona acceder a estos aspectos de la cultura que provocan tanta admiración (al igual que otros fenómenos como los terremotos y las erupciones volcánicas causan, además, gran preocupación) (FMM Educación, s.f.).

Por otra parte, los conocimientos que aportan las Ciencias de la Tierra constituyen herramientas para enriquecer la mirada sobre las problemáticas ambientales. Permiten

construir una nueva perspectiva y dimensionar con mayor precisión el impacto (global, regional o local) de las actividades que el hombre realiza en diferentes regiones del planeta (Compiani, 1990).

Las actividades planteadas se han enfocado para tercer y cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), porque según el Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2015), es en estos cursos donde se trabajan los contenidos de la energía interna de la Tierra (para el curso de tercero) y el tiempo geológico, las tectónica de placas, la estratigrafía y los cortes geológicos (en cuarto).

1.1 Dificultades de aprendizaje e ideas previas del área de la Geología.

Siempre es conveniente partir de las ideas previas del alumnado para el desarrollo de las estrategias didácticas y el diseño de materiales curriculares (Ramos, Praia, Marques, & Gama Pereira, 2001).

Los estudios sobre las ideas previas realizados en el campo de Ciencias de la Tierra son menos numerosos que los llevados a cabo en otras áreas, quizás debido a la menor atención que recibe la Geología en la educación, en comparación con otras disciplinas científicas como la Física, la Química o la Biología (Carrillo Rosúa, Vílchez González, & González García, 2010). Pedrinaci (2001) reúne algunos de los obstáculos para el aprendizaje de la Geología, en los que están implicados no sólo los conceptos o teorías, sino también determinados procedimientos de investigación o de observación, e incluso actitudes:

- La inmutabilidad terrestre como obstáculo: la lentitud, considerada desde la escala temporal humana, con que ocurren la mayor parte de los procesos geológicos, favorece la interpretación estática. Esto constituye un obstáculo para el desarrollo de la comprensión del origen de las rocas, de la edad de la Tierra y del origen de las cordilleras.
- El catastrofismo precientífico: se encuentra frecuentemente asociada a la perspectiva estática; este catastrofismo inhibe la capacidad de cuestionamiento sobre los procesos geológicos o la búsqueda de explicación para estos.
- Origen de las rocas: debido a la profundidad y al ritmo al que se forman las rocas (a excepción de algunas volcánicas), hace que permanezca oculto ante la mirada de

cualquier observador, influyendo en considerar las rocas tan antiguas como la Tierra.

- La cronología: la magnitud de los valores temporales requeridos en Geología, es decir, de la inmensidad de la cronología de la Tierra, es una dificultad para su representación mental.
- La diversidad y amplitud de las escalas espaciales: es un obstáculo para la comprensión de la dinámica interna de la Tierra, debido a la dificultad que presenta el ajuste de las escalas y su magnitud.

1.2 Alfabetización Científica

Para las necesidades de la sociedad del S.XXI, se hace imprescindible, entender cómo funciona nuestro planeta, puesto que en la Tierra tiene lugar infinidad de fenómenos naturales como terremotos, erupciones volcánicas e inundaciones, de ella extraemos los recursos que necesitamos y de ella depende nuestra existencia (Pedrinaci et al., 2013).

Aun siendo tan importante el conocimiento de las Ciencias de la Tierra en la vida cotidiana de todos los ciudadanos, la realidad es que, en la mayor parte de los países europeos, la Geología no existe como asignatura independiente en la Educación Secundaria (Calonge, 2012). Y haciendo referencia al sistema educativo español, este propone unos conocimientos escasos sobre las Ciencias de la Tierra, incapaces de procurar en quien los posee, una alfabetización adecuada en estas materias (Pedrinaci et al., 2013).

La alfabetización en Ciencias de la Tierra (“Earth Science Literacy Initiative - ESLI”, s.f.) consiste en que el individuo sea capaz de comprender y expresar por escrito una idea y no quedarse simplemente en identificarla y reproducirla. Los objetivos que debe alcanzar una persona en Ciencias de la Tierra, según Pedrinaci et al. (2013), son:

- Tener una visión de conjunto acerca de cómo funciona la Tierra y saber utilizar ese conocimiento básico para explicar, por ejemplo, la distribución de volcanes y terremotos, o los rasgos más generales del relieve, o para entender algunas de las causas que pueden generar cambios globales en el planeta.
- Disponer de cierta perspectiva temporal sobre los profundos cambios que han afectado a nuestro planeta en el pasado y a los organismos que lo han poblado, de manera que le proporcione una mejor interpretación del presente.

- Entender algunas de las principales interacciones entre la humanidad y el planeta, los riesgos naturales que pueden afectarle, su dependencia para la obtención de los recursos o la necesidad de favorecer un uso sostenible de ellos.
- Ser capaz de buscar y seleccionar información relevante sobre algunos de los procesos que afectan a la Tierra, formular preguntas pertinentes sobre ellos, valorar si determinadas evidencias apoyan o no una conclusión, etc.
- Saber utilizar los principios geológicos básicos y los procedimientos más elementales y usuales de la geología, y valorar su importancia para la construcción del conocimiento científico sobre la Tierra.

Todo estudiante de Educación Secundaria, al finalizar esta etapa, debería tener un conocimiento fundamental sobre la Tierra y su funcionamiento. Este conocimiento se concreta en 10 ideas clave propuestas por gran parte de las sociedades científicas españolas relacionadas con la Geología y su enseñanza, que conectan con las “Grandes Ideas” o “Ideas clave” (“Big Ideas”, en la literatura anglosajona) pertenecientes al proyecto “Earth Science Literacy Principle” llevado a cabo por “National Science Foundation” y “American Association for the Advancement of Science” (“Earth Science Literacy Initiative - ESLI”, s.f.; Pedrinaci, 2011). A continuación se exponen las ideas clave más relevantes que se van a trabajar, y sus conceptos relacionados:

Idea clave 1. Los científicos de la Tierra usan observaciones repetibles e ideas verificables para comprender y explicar nuestro planeta.

1.2. Los científicos de la Tierra utilizan una gran variedad de principios científicos para comprender cómo funciona nuestro planeta.

1.3. Las investigaciones en ciencias de la Tierra toman diferentes formas.

1.4. Los científicos de la Tierra deben usar métodos indirectos para examinar y comprender la estructura, composición y dinámica del interior de la Tierra.

1.7. Los avances tecnológicos, la mejora en las interpretaciones y las nuevas observaciones se refinan continuamente nuestra comprensión de la Tierra.

Idea clave 2. La Tierra tiene 4.600 millones de años.

2.1. Las rocas y otros materiales de la Tierra proporcionan un registro de su historia.

2.4. La corteza de la Tierra es de dos tipos distintos: continental y oceánica.

2.6. La vida en la Tierra empezó hace más de 3.500 millones de años.

2.7. A lo largo de toda la historia de la Tierra, procesos graduales y catastróficos han causado cambios enormes.

Idea clave 4. La Tierra está cambiando continuamente.

4.4. Las placas tectónicas de la Tierra incluyen la corteza rocosa y el manto más superior y se mueven lentamente unas con respecto a otras.

4.5. Muchos procesos geológicos activos ocurren en los bordes de placa.

4.7. Los paisajes son el resultado de la interacción dinámica entre procesos que crean y hacen emerger nueva corteza y los que la destruyen y la deprimen.

4.8. Los materiales rocosos meteorizados inestables se erosionan en determinadas partes de la Tierra y se depositan en otras.

Idea clave 6. La vida evoluciona en una Tierra dinámica y la modifica continuamente.

6.1. Los fósiles son la evidencia preservada de la vida antigua.

6.2. La evolución, incluyendo el origen y extinción de las especies, es un proceso natural y en desarrollo.

6.4. A lo largo del curso de la historia de la Tierra han surgido formas de vida y ecosistemas más complejos.

6.6. Las extinciones masivas ocurren cuando las condiciones globales cambian más rápido que la adaptación de un gran número de especies.

Idea clave 8. Los riesgos naturales suponen riesgos para los humanos.

8.1. Los riesgos naturales son el resultado de los procesos naturales de la Tierra.

8.4. Estos peligrosos eventos pueden ser repentinos o graduales.

8.5. Los riesgos naturales pueden ser en origen locales o globales.

8.7. Los humanos no podemos eliminar los riesgos naturales, pero podemos comprometernos en actividades que reduzcan sus impactos.

8.8. Un público alfabetizado en ciencias de la Tierra es esencial para reducir la peligrosidad de los riesgos naturales.

Idea clave 9. Los humanos alteran considerablemente la Tierra.

9.7. Las actividades humanas alteran considerablemente la biosfera.

1.3 Impresión 3D

La impresión 3D no es algo novedoso, solo basta con mirar años atrás cuando jugábamos con arcilla y modelábamos figuras, lo innovador es la forma y los materiales con los que se trabaja en la actualidad. El único límite es nuestra imaginación, que con la adecuada formación en los programas necesarios y en el manejo de la impresora, permite crear cualquier modelo que imaginemos. La máquina se limita a convertir la idea de un usuario en algo tangible, permitiendo obtener las copias necesarias de una forma rápida y precisa.

Historia

Las impresoras 3D son capaces de construir objetos físicos a partir de modelos digitales. Los objetos tridimensionales, generalmente, se han obtenido a partir de la extracción de materiales de un bloque compacto. Con las impresoras 3D el proceso se invierte de modo que los objetos se crean añadiendo materiales capa a capa.

La invención por parte de Charles Hulls de la estereolitografía en 1984, permitió la fabricación de objetos tridimensionales por medio del endurecimiento de ciertos polímeros mediante luz ultravioleta (Davis, 2014). En 1989, la Universidad de Texas de Austin sintetizó los primeros objetos impresos 3D mediante un láser selectivo. Esta técnica requería equipos aparatosos y caros (The New Media Consortium, 2015).

Sobre el año 2005, las técnicas avanzaron gracias a la tecnología y disminuyeron los costes de producción, potenciando un desarrollo rápido y global. Esto favoreció la creación de modelos para la ingeniería aeroespacial, en arquitectura, en medicina (diseño de partes del cuerpo para trasplantes), entre otros (The New Media Consortium, 2015).

La aplicación de la impresión 3D es muy amplia ya que la tecnología permite utilizar muy diversos materiales, como plásticos, metales, cerámicas e incluso comida. Las principales áreas en las que se está aplicando son: la fabricación de piezas de automóviles, en medicina con la fabricación de prótesis, la fabricación de ropa, joyería y juguetes, y, por supuesto, no hay que olvidar el ámbito de la educación.

Aplicación a la docencia

La incorporación de materiales tridimensionales permite que el alumnado aprecie las diferencias entre lo bidimensional y su representación física, y visualizar conceptos abstractos, mejorando las operaciones lógicas del pensamiento (Meyer, 2015; Roque & Valverde, 2012). Uno de los aspectos más significativos de la impresión 3D aplicada a la educación es que permite una exploración más auténtica de los objetos, planteando nuevas posibilidades sobre actividades de aprendizaje (The New Media Consortium, 2013). Otro es que posibilita la exploración de conceptos no accesibles a la experiencia cotidiana, por ejemplo, en matemáticas ayuda a la visualización de modelos gráficos, en geología a la percepción de las escalas y en historia con el manejo de réplicas antiguas que ya no existen (The New Media Consortium, 2015). Además, no podemos olvidar que el uso de estos modelos producen una mayor motivación cuando los estudiantes son protagonistas en su fabricación, mejorando la comunicación entre el alumnado (Eisenberg, 2007; Gershenfeld, 2008; Hatch, 2013).

La propia implicación por parte del profesorado de educación superior fomenta que los estudiantes se impregnen de la importancia del uso de estas técnicas, haciendo que se motiven y que ellos mismos continúen como creadores activos de su propio aprendizaje (Schelly, Anzalone, Wijnen, & Pearce, 2015). Hay que valorar que la calidad de los resultados en educación no tiene que ver tanto con la presencia o ausencia de la tecnología como con la pedagogía adoptada y las condiciones en que se aplica en el aula. La tecnificación de las escuelas es siempre un problema por la falta de presupuesto. La clave reside en que los profesores deben adquirir unas competencias profesionales, facilidades e incentivos para su desarrollo continuo. Así cuando esas competencias son óptimas, el recurso a la tecnología permite mejorar la calidad de los procesos de aprendizaje y, al mismo tiempo, expandir el horizonte de lo que se puede aprender; algo muy evidente en el caso de las ciencias experimentales (Pedró, 2015).

Una propuesta reciente, y muy interesante, en este aspecto, es el proyecto Gutenberg 3D ("Proyecto Gutenberg3D", s.f.; Sanz, 2015), que tiene como finalidad la mejora del aprendizaje del alumnado mediante las técnicas de impresión tridimensional. Para lograr dicho objetivo es fundamental la implantación de este tipo de impresoras en los centros educativos (lo cual lleva implícito la formación de profesorado).

Por último, pero no menos importante, y afortunadamente para los docentes, existen plataformas en las cuales se suben gratuitamente modelos 3D (dentro de la filosofía del

creative commons, que tanto ha servido para impulsar esta tecnología) para poder ser descargados y usados. Esto, por supuesto, facilita enormemente la labor si no se tienen conocimientos suficientes como para crear el propio modelo 3D (ver Anexo 6.1).

1.4 Deficiencia visual e impresión 3D

En los últimos años se ha ido dando cada vez más importancia a la atención a la diversidad, y particularmente al alumnado con necesidades educativas especiales.

A pesar de ello, a día de hoy, podemos decir que una imagen vale más que mil palabras. Este refrán es significativo de la situación actual donde la imagen es la protagonista de los medios de comunicación (la televisión, cine, teatro, etc.). También en educación los materiales que se utilizan en el aula (libro de texto, ordenadores, pizarra digital, etc.) están basados fundamentalmente en la visión, lo cual puede dificultar el proceso de aprendizaje del alumnado con deficiencia visual. El avance tecnológico, tan valioso en esta disciplina, debe servir para la inclusión del alumnado con dificultades, tanto visuales como de cualquier otro sentido (Correa Silva, 2004).

Los primeros estudios sobre el concepto de baja visión datan de los años sesenta en los Estados Unidos. A partir de los estudios de la doctora Barraga, los profesionales de la educación han dedicado tiempo al desarrollo del uso eficiente del funcionamiento visual del niño que presenta baja visión y al análisis de cómo este ralentiza sus tareas escolares en su desarrollo o en tareas de orientación espacial. Generalmente las necesidades del alumnado no son iguales. Por ejemplo, en numerosas ocasiones se producen casos donde la visión cercana está mejor de lo supuesto comparada con la de lejos, o en los que la afección visual no es similar en todos los casos (Bermejo, Fajardo, & Mellado, 2002).

Pero a pesar de estas investigaciones, aún hay pocos estudios y escasa bibliografía sobre el alumnado con discapacidad visual que accede al centro de secundaria y sus condiciones y expectativas, y menos aún un material específico que facilite su inclusión en las aulas en todas las áreas.

Estos estudiantes llegan al centro con una serie de herramientas adquiridas en su etapa escolar que facilita su aprendizaje, como ampliación de palabras en los textos impresos o en pantallas digitales, uso de lupas de aumento, elección de colores para provocar contrastes que favorezcan la visión de imágenes, etc. Pero hay que seguir investigando para poder encontrar y fabricar materiales específicos que ayuden a la máxima comprensión de los conceptos que se pretende que adquieran. La tecnología de las

impresoras 3D puede aportar en este sentido una gran ayuda a la hora de elaborar y planificar materiales específicos.

El alumnado con baja visión que utiliza estos instrumentos recibe una doble información; así, mientras escucha al profesorado y a sus compañeros, puede al mismo tiempo manejar los materiales que con posterioridad le permitirán el recuerdo y la evocación de lo explicado.

La percepción háptica se desarrolla desde que son pequeños con objetos que pueden ser medidos con las manos, como por ejemplo una manzana, un lápiz, un triángulo, un círculo, etc. Cuando el alumnado se incorpora a la educación secundaria con el estudio de las ciencias, ya no es suficiente con esto, puesto que deben tener conciencia de la magnitud de los elementos de la naturaleza. Lo que la imagen permite a los videntes es observar cómo son las montañas o los volcanes, ya que se ofrece con elementos referentes con los que comparar, cosa que no logran los alumnos/as con deficiencias visuales, pues la magnitud es inabarcable con las manos. Se hace necesario que el uso de los elementos tridimensionales y bidimensionales se elabore con todo rigor, precisión y escala, para que el alumnado adquiera de la forma más fiel los conceptos propios de la asignatura de Geología.

Según explica Correa Silva (2004):

Las personas que no ven a través de los ojos han educado sus habilidades perceptivas hápticas que les permiten ver el mundo a través de la piel. Estas capacidades serán las que iluminan nuestro norte, no sus discapacidades. (...) El interés no está en saber cómo se adaptan a la vida los que no pueden gozar del sentido de la vista, sino como la imagen háptica pueden acceder a equiparar oportunidades donde se desarrolla de mejor forma las capacidades, para conectarse con entornos diferentes que nos permiten finalmente no solo sobrevivir sino vivir plenamente.

Para el alumnado con deficiencia visual, el uso de las TIC no solo es una herramienta que les permite permanecer en las clases con la garantía de obtener las mismas oportunidades, sino que además es utilizada como medio de socialización para participar en redes sociales, relacionarse e intercambiar documentos.

Es evidente que hay que tener en cuenta las características de cualquier grupo de estudiantes para poder actuar, ajustándose a sus necesidades. Así, las actividades que se programen deben de contemplar la idoneidad para todos/as (ONCE, 2016).

Para referimos a las condiciones caracterizadas por una limitación total o muy seria de la función visual, hay que definir los conceptos de ceguera y deficiencia visual. La ONCE (2016) lo detalla de la siguiente forma:

Se habla de personas con ceguera para referirnos a aquellas que no ven nada en absoluto o solamente tienen una ligera percepción de luz; pueden ser capaces de distinguir entre luz y oscuridad, pero no la forma de los objetos.

Y se habla de personas con deficiencia visual como aquellas que, con la mejor corrección posible, podrían ver o distinguir, aunque con gran dificultad, algunos objetos a una distancia muy corta. En la mejor de las condiciones, algunas de ellas pueden leer la letra impresa cuando ésta es de suficiente tamaño y claridad, pero, generalmente, de forma más lenta, con un considerable esfuerzo y utilizando ayudas especiales. También se incluyen aquellas personas que presenta pérdida de la visión central (dificultad para identificar los objetos situados enfrente) o pérdida de la visión periférica (dificultad en detectar los objetos cuando se encuentran a un lado, encima o debajo de los ojos). Por tanto, las personas con deficiencia visual, a diferencia de aquellas con ceguera, conservan todavía un resto de visión útil para su vida diaria.

En referencia a este último grupo de deficiencia visual, con las adaptaciones ópticas correspondientes, las herramientas tiflotécnicas necesarias y otros tipos de herramientas de apoyo, pueden acceder visualmente a la información, leer, percibir e interpretar el contenido presentado en una pantalla.

La necesidad de apoyar a este alumnado con necesidades especiales viene recogida en la legislación actual. Así, en el Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2015), en el Capítulo 1, artículo 9, puntos 2, 3 y 4, se expone lo siguiente:

2. Las Administraciones educativas fomentarán la calidad, equidad e inclusión educativa de las personas con discapacidad, la igualdad de oportunidades y la no discriminación por razón de discapacidad, medidas de flexibilización y alternativa metodológicas, adaptaciones curriculares, accesibilidad universal, diseño universal, atención a la diversidad y todas aquellas medidas que sean necesarias para conseguir que el alumnado con discapacidad pueda acceder a una educación de calidad en igualdad de oportunidades.

3. Corresponde a las Administraciones educativas adoptar las medidas necesarias para identificar al alumnado con dificultades específicas de aprendizaje y valorar de forma temprana sus necesidades. La escolarización del alumnado que presenta dificultades específicas de aprendizaje se regirá por los principios de normalización e inclusión y asegurará su no discriminación y la igualdad efectiva en el acceso y permanencia en el sistema educativo. La identificación, valoración e intervención de

las necesidades educativas de este alumnado se realizará de la forma más temprana posible, en los términos que determinen las Administraciones educativas.

4. Las Administraciones educativas establecerán las condiciones de accesibilidad y diseño universal y los recursos de apoyo humanos y materiales que favorezcan el acceso al currículo del alumnado con necesidades educativas especiales y adaptarán los instrumentos, y en su caso, los tiempos y apoyos que aseguren una correcta evaluación de este alumnado. Las Administraciones educativas, con el fin de facilitar la accesibilidad al currículo, establecerán los procedimientos oportunos cuando sea necesario realizar adaptaciones significativas de los elementos del currículo, a fin de atender al alumnado con necesidades educativas especiales que las precise. Dichas adaptaciones se realizarán buscando el máximo desarrollo posible de las competencias; la evaluación continua y la promoción tomarán como referente los elementos fijados en dichas adaptaciones. En cualquier caso los alumnos con adaptaciones curriculares significativas deberán superar la evaluación final para poder obtener el título correspondiente.

Y en el Capítulo II artículo 10 punto 3, se dice:

3. La Educación Secundaria Obligatoria se organiza de acuerdo con los principios de educación común y de atención a la diversidad del alumnado. Las medidas de atención a la diversidad en esta etapa estarán orientadas a responder a las necesidades educativas concretas del alumnado y al logro de los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria y la adquisición de las competencias correspondientes y no podrán, en ningún caso, suponer una discriminación que les impida alcanzar dichos objetivos y competencias y la titulación correspondiente.

Recogiendo estas recomendaciones, se han adaptado las actividades de este trabajo para personas que presentan deficiencia visual. Participarán en todas ellas, tanto con las herramientas 3D, como las TIC, junto con sus compañeros (“Cuando uno enseña, dos aprenden” - Robert Heinlein). Esto ayudará a mejorar su inclusión y aprendizaje.

Contar con el material adecuado a tiempo permite no solo que el alumnado pueda acceder a un mayor número de contenidos y actividades, sino que facilita la sensibilización y la buena disposición del profesorado ante la integración.

Una de las ventajas de trabajar con herramientas 3D, es que, la mayor parte está disponible, siguiendo la filosofía *Open Source*. De hecho, muchos de los programas necesarios y las descargas del material en Internet son gratuitos y se encuentran en multitud de “repositorios”. Además, este proceso se retroalimenta, por lo que hay un trabajo en común, ya que los que acceden al material pueden utilizarlos e incluso ayudar a mejorarlos. Esto permite tener acceso fácil a diferentes recursos y constituye una gran ayuda para la realización de las actividades desarrolladas, tanto por parte del alumnado vidente como por aquel que presente alguna discapacidad visual.

1.5 Metodología didáctica utilizada

1.5.1 Trabajo cooperativo

En todos los centros y en todas las aulas hay alumnado heterogéneo. El profesorado debe dirigirse cada día a personas –en principio- con un interés común y con circunstancias y características individuales. Tras un análisis de esta situación hay que buscar la manera de atender en una misma aula a alumnos diferentes.

Maset (2009) dice textualmente:

¿Cómo pueden progresar en su aprendizaje alumnos “diferentes” –diferentes por varios motivos: por tener alguna discapacidad, porque son de culturas distintas y no dominan la lengua predominante, porque pertenecen a un entorno social marginado...– en un aula en la cual cada uno trabaja solo en su pupitre y en la cual el profesor o la profesora debe atender individualmente a sus estudiantes tan “diversos” unos de otros?

¿Cómo pueden progresar estos alumnos “diferentes” en un aula en la cual los estudiantes compiten entre ellos para lograr ser el primero, el mejor, sea como sea? Solo pueden aprender juntos alumnos diferentes –en capacidad, interés, motivación, cultura, lengua, origen social...– en una clase organizada cooperativamente, en la cual todos colaboran y cooperan, se ayudan, para alcanzar el objetivo común de progresar en el aprendizaje, cada uno hasta el máximo de sus posibilidades.

La educación inclusiva, según Stainback (2001):

Es el proceso por el cual se ofrece a todos los niños y niñas, sin distinción de la capacidad, la raza o cualquier otra diferencia, la oportunidad de continuar siendo miembros de la clase ordinaria y para aprender de, y con, sus compañeros, dentro del aula. Un aula inclusiva no acoge solo a aquellos cuyas características y necesidades se adaptan a las características del aula y a los recursos disponibles, sino que es inclusiva precisamente porque acoge a todos los que acuden a ella, independientemente de sus características y necesidades, y es ella la que se adapta – con los recursos materiales y humanos que hagan falta– para atender adecuadamente a todos los estudiantes.

Para poder abordar todas estas cuestiones hay que poner en marcha lo que Maset (2009) denomina “estrategias para la atención a la diversidad dentro del aula” que consiste en un dispositivo pedagógico basado en tres ámbitos:

1.- Personalizar. Tener en cuenta las características del alumnado, sus ritmos, motivaciones, capacidades, etc.

2.- Autonomía del alumnado. Se refiere a la autonomía para aprender de modo que se puede aprovechar para atender al alumnado menos autónomo.

3.- Estructura cooperativa del aprendizaje. Son las estrategias encaminadas a organizar una clase donde el profesor no sea el único que enseña, sino que el alumnado, en pequeños grupos, sea capaz de cooperar entre sí, enseñándose mutuamente.

Entre las ventajas de trabajar con el aprendizaje cooperativo, nos encontramos, entre otras, con la potenciación del aprendizaje tanto de contenidos como de procedimientos y valores, facilita la participación de aquel alumnado que siempre está más alejado de participar ante un gran grupo, adquiriendo más protagonismo dentro de su equipo, y se crea un clima en clase que favorece el aprendizaje.

Concepto de aprendizaje cooperativo:

A partir de la definición de aprendizaje cooperativo de Johnson, Johnson, & Holubec (1999) podemos destacar que este utiliza pedagógicamente equipos reducidos de estudiantes, que aunque ocasionalmente pueden ser homogéneos, generalmente son de composición heterogénea en rendimiento y capacidad. Se pretende que la participación sea equitativa (facilitando las mismas oportunidades de participar a todos los miembros del equipo) y se potencie al máximo la interacción simultánea entre ellos, con la finalidad de que todos los componentes aprendan los contenidos, cada uno hasta el máximo de sus posibilidades y, al mismo tiempo, a trabajar en equipo.

De esta definición se desprende que cada miembro del grupo tiene dos cometidos: aprender lo enseñado por el profesorado y conseguir que su equipo también lo haga. Trabajar de modo cooperativo es un contenido en sí mismo, es decir el alumnado aprende conceptos y también a cooperar. Se trata también de estar organizados por equipos de trabajo, que se ponen en marcha por sí solos cuando es requerido por el profesorado. Hay que enseñar a trabajar cooperativamente, cada estudiante debe entender y conocer su rol, las normas que se hayan consensuado y los objetivos que se pretenden conseguir.

Estrategias utilizadas:

1-2-4

Objetivo: Con esta estrategia se parte de lo individual para llegar al equipo cuando hay que responder preguntas o hacer ejercicios. Sirve para activar conocimientos previos y contrastar respuestas.

Descripción: Cada alumno/a del equipo debe pensar en unos minutos cuál es la respuesta a una pregunta planteada por el docente. Una vez tengan las conclusiones individuales se colocan por parejas, intercambiando sus respuestas y llegando a una conclusión común. Finalmente, con el equipo completo, deben decidir cuál es la más adecuada de las dos o recapitular las respuestas y presentarla por escrito.

Aplicaciones: Afianzamiento de contenidos, aclarar antes de responder.

Principios básicos que trabaja: Responsabilidad Individual, participación equilibrada e interdependencia positiva.

Folio giratorio

Objetivo: Se pretende que cada alumno haga una aportación al grupo para completar una cuestión planteada.

Descripción: El docente asigna una tarea a los grupos base, (un problema, una pregunta o una frase relacionada con los contenidos) y un miembro del equipo empieza a escribir su parte o su aportación en un folio “giratorio”. A continuación, lo pasa al compañero de al lado (siguiendo la dirección de las agujas del reloj), para que escriba su parte de la tarea en el folio, y así sucesivamente hasta que todos los miembros han participado en la resolución de la tarea. Todo el equipo es responsable de lo que se ha escrito en el “folio giratorio” –no cada uno solo de su parte– y trata de construir una idea general sobre la frase. Cada alumno puede escribir su parte con un rotulador de un determinado color Y así, a simple vista, puede verse la aportación de cada uno.

Aplicaciones: Ser consciente de cuáles son los conocimientos previos, revisar y repasar, dar solución a problemas de la clase y analizar sus causas. También se aplica a la elección de normas y para descubrir sus capacidades y sus expectativas.

Principios básicos que trabaja: Interdependencia positiva y participación equilibrada.

Cabezas juntas numeradas

Objetivo: Asegurar el procesamiento de la información por parte de toda la clase, comprobar el grado de comprensión de los contenidos de manera rápida y ágil.

Descripción: El docente asigna una tarea/pregunta/tema. Los estudiantes llegan a una conclusión que debe ser comprendida por todos los miembros, pues todos tienen que ser capaces de explicarla. Pasado un tiempo el docente escoge un número al azar y los alumnos de cada grupo al que le corresponda dicho número deben explicar la respuesta al resto. La puntuación es la misma para todo el equipo.

Aplicaciones: Es ideal para preguntas cortas en que tengan que investigar las respuestas, la resolución de problemas y la lectura comprensiva de un texto complejo.

Principios básicos que trabaja: Interdependencia positiva y responsabilidad individual.

Lápices al centro

Objetivo: Propiciar el debate para la realización de un ejercicio que permita concretar una respuesta escrita por parte de todos, propiciando la atención.

Descripción: El docente da a cada equipo una hoja con las preguntas o ejercicios sobre el tema que trabajan en la clase y se nombra un moderador. Los bolígrafos se colocan al centro de la mesa para indicar que en esos momentos se puede hablar y escuchar, pero no escribir. El moderador lee en voz alta la pregunta o ejercicio, se asegura que todo el grupo expresa su opinión y comprueba que todos comprenden la respuesta acordada. Cada alumno coge su bolígrafo y responde a la pregunta por escrito. En este momento, no se puede hablar, sólo escribir. Se puede volver a repetir con otras preguntas y va rotando el moderador.

Aplicaciones: realización de tareas de análisis de cualquier tema.

Principios básicos que trabaja: interacción mutua, responsabilidad individual, participación equilibrada e interdependencia positiva.

Parada de 3 minutos

Objetivo: Promover la comprensión de las explicaciones, identificar las ideas principales, favorecer el procesamiento de la información, resolver dudas y aclarar conceptos.

Descripción: El profesor realiza una explicación a toda la clase, y tras esta, hace una parada de tres minutos para que el equipo base piense y reflexione sobre lo que se ha explicado y elaboren 3 preguntas sobre ese tema. Cuando el tiempo acaba, cada grupo hace una pregunta (de las 3 que ha pensado) en cada vuelta. Las que son parecidas se saltan. Cuando se hayan planteado todas, el profesor continúa con la explicación hasta realizar una nueva parada.

Aplicaciones: Motivación e implicación en las explicaciones.

Principios básicos que trabaja: Interacción simultánea. Responsabilidad individual.

Uno para todos

Objetivo: Asegurar el procesamiento de la información, promover la ayuda y el apoyo entre alumnos y aclarar dudas y corregir errores.

Descripción: El docente propone a los alumnos una serie de ejercicios, los alumnos se agrupan para trabajar sobre el primer ejercicio, consensuando la respuesta y asegurándose que todos comprenden la forma de realizarlo. Para ello proponemos la siguiente norma: “no se pasa al siguiente ejercicio hasta que todos hemos comprendido cómo realizar el anterior”. Una vez finalizado el tiempo el docente pide, al azar, el cuaderno de un miembro del equipo, lo corrige y le pide que le explique el proceso seguido.

Aplicaciones: Adecuada para trabajar sobre contenidos nuevos, ya que el hecho de tener que enseñarlo a los demás permite que se realice una serie de procesos intelectuales que derivarán en la construcción de un esquema de conocimiento más profundo y claro.

Principios básicos que trabaja: Tutorización de compañeros y procesos metacognitivos.

1.5.2 Indagación

Se denomina indagación a los diferentes modos que tienen los investigadores para abordar los conocimientos científicos. Asimismo se considera indagación a las actividades que realiza el alumnado y en las cuales se desarrollan los conocimientos y aprendizajes de las ideas propias de la ciencia (Garritz, 2010).

Es una metodología que pretende aplicar los mismos procedimientos de la práctica científica en el aula, para que el aprendizaje de la ciencia se asimile a la labor de los científicos, con su debida transposición didáctica. Los estudiantes realizan actividades de tipo manipulativo para conseguir una mayor implicación y motivación en el aprendizaje de la ciencia de forma activa.

La aportación que se hace desde los estándares nacionales de educación en ciencias en los EEUU es que se trata de una actividad polifacética que conlleva la observación, interrogación, obtención de información, diseño de investigaciones, revisión de lo obtenido, proposición de respuestas y comunicación de los resultados (Garritz, 2010).

El desarrollo de la indagación no debe ceñirse a una sola estrategia (Martínez Chico, López-Gay Lucio-Villegas, & Jiménez Liso, 2014). Martin-Hansen (2002) (citada en Garritz (2010)), explica varios tipos de indagación:

-Indagación abierta: Presenta un planteamiento centrado en el estudiante que se inicia con una pregunta, que se intenta responder mediante el diseño y conducción de una investigación o experimento y la comunicación de resultados.

-Indagación guiada: Cuando el profesor guía y ayuda a los estudiantes a desarrollar investigaciones indagatorias en el aula o el laboratorio.

-Indagación acoplada: Une la indagación abierta y la guiada

-Indagación estructurada: Se basa principalmente en una indagación dirigida por el profesor, para que los estudiantes alcancen unos objetivos o productos específicos.

Las fases del proceso indagatorio se pueden resumir en los siguientes puntos (Martínez-Chico, 2013):

1. *Enfrentarse* con problemas o cuestiones de carácter científico, esto es, relacionados con fenómenos del mundo natural o tecnológico cuyas respuestas pueden ser confirmadas o rechazadas mediante pruebas; *formular* explicaciones justificadas, basadas en su experiencia previa.

2. *Buscar* pruebas que permitan confirmar o refutar las hipótesis planteadas, o bien mediante diseños experimentales en los que puede participar el propio alumnado, o simplemente mediante búsqueda de información.

3. *Analizar e interpretar* la información y los datos recogidos, momento en el que quizás haya que adaptar las explicaciones iniciales o el modelo propuesto.

4. *Comunicar e interpretar* ideas, considerando explicaciones diferentes a las personales.

En esta metodología, hay que enfatizar en la normas de comportamiento propuestas por Cortés y de la Gándara (2007): todas las ideas son respetables, criticables y evaluables, todos los miembros del equipo han de colaborar en todo el proceso, cualquier estudiante ha de poder plantear problemas sobre conceptos o procedimientos a sus compañeros de grupo, al profesor o a otro equipo y las decisiones y resultados deben ser comunicados al resto de la clase, debiendo realizar cada equipo un diario de trabajo donde se recojan los

puntos sobre los que se ha discutido, las informaciones obtenidas y los acuerdos alcanzados.

2. CONTEXTUALIZACIÓN CURRICULAR

El presente Trabajo Fin de Máster está basado en el marco legislativo del Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2015). En dicho documento se tienen muy en cuenta las nuevas necesidades en educación, centrándose principalmente en el aprendizaje basado en las competencias.

Por otro lado la Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía (2007), las orientaciones de la Unión Europea, así como la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (2015), inciden en la necesidad de la adquisición de las competencias clave por parte de la ciudadanía como condición indispensable para lograr que las personas puedan alcanzar su pleno desarrollo individual, social y profesional. Asimismo, se insiste en los nuevos enfoques en el aprendizaje y en la evaluación que, a su vez, implican cambios en la organización y la cultura escolar, así como la incorporación de planteamientos metodológicos innovadores.

Se ha decidido tomar como referencias los cursos de 3º y 4º de la Educación Secundaria Obligatoria para plantear y desarrollar las actividades que permitan cumplir los objetivos generales del currículo, a través de los contenidos de dichos cursos en la materia de Biología y Geología, que se pueden encontrar en los bloques 1, 2, 5 y 7 y bloques 2 y 4, respectivamente.

Los objetivos de la materia de Biología y Geología recogidos en la Orden del 14 de Julio 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado (2016), que se pretenden alcanzar con el presente TFM, son los siguientes:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y Geología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos científicos y sus aplicaciones.

2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el

análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado y la búsqueda de coherencia global.

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

4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.

5. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas.

7. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de la Biología y Geología para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.

8. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible.

9. Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superadores de dogmatismos y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida.

Las actividades que se van a proponer en este banco de actividades pretenden ayudar a la inclusión del alumnado con discapacidad visual, con la finalidad de lograr lo expuesto en el Capítulo II artículo 10 punto 3, que establece:

“La Educación Secundaria Obligatoria se organiza de acuerdo con los principios de educación común y de atención a la diversidad del alumnado. Las medidas de atención a la diversidad en esta etapa estarán orientadas a responder a las necesidades educativas concretas del alumnado y al logro de los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria y la adquisición de las competencias correspondientes y no podrán, en ningún caso, suponer

una discriminación que les impida alcanzar dichos objetivos y competencias y la titulación correspondiente”.

En el planteamiento de las actividades y el desarrollo de la mayoría de las competencias de cada actividad, se ha tenido en cuenta la atención a la diversidad según se expone en el texto consolidado, el 10 de diciembre de 2016, del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2016), donde, en el Capítulo II, artículo 15 *“Proceso de aprendizaje y atención individualizada”*, donde se establece que:

1. Los centros elaborarán sus propuestas pedagógicas para esta etapa desde la consideración de la atención a la diversidad y del acceso de todo el alumnado a la educación común. Asimismo, arbitrarán métodos que tengan en cuenta los diferentes ritmos de aprendizaje, favorezcan la capacidad de aprender por sí mismos y promuevan el aprendizaje en equipo.

2. En esta etapa se prestará una atención especial a la adquisición y el desarrollo de las competencias y se fomentará la correcta expresión oral y escrita y el uso de las matemáticas. A fin de promover el hábito de la lectura, se dedicará un tiempo a la misma en la práctica docente de todas las materias.

4. Asimismo, corresponde a las Administraciones educativas regular medidas adecuadas para la atención de aquellos alumnos y alumnas que manifiesten dificultades específicas de aprendizaje o de integración en la actividad ordinaria de los centros, del alumnado de alta capacidad intelectual y del alumnado con discapacidad.

3. ACTIVIDADES

Se van a desarrollar cinco actividades diferentes, las dos primeras corresponden a contenidos de tercero de Secundaria: una está dedicada a los volcanes y la otra a los terremotos. Las otras tres actividades se centran en contenidos de cuarto de Secundaria. En ellas se trabajará el tiempo geológico, la tectónica de placas, la estratigrafía y la topografía. La estructura del banco de actividades, pues, será como se muestra en la siguiente tabla:

Curso	Nombre actividad	Temporalización
3º ESO	Actividad 1. Volcanes	5-6 Sesiones
	Actividad 2. Terremotos	5-6 Sesiones
4º ESO	Actividad 3. Tiempo geológico	5-6 Sesiones
	Actividad 4. Tectónica de placas	5-6 Sesiones
	Actividad 5. Estratigrafía, cortes geológicos y topografía	5-6 Sesiones

Se ha seguido, en general, una estructura común para todas ellas. Se comienza con el título de la actividad, el curso al que está dirigida y su temporalización. A continuación, se expone la fundamentación de la relevancia científica de los contenidos abordados, junto con una descripción de las ideas previas o errores conceptuales comunes a cada tema, con la intención de facilitar la construcción del conocimiento de los estudiantes. Esta herramienta puede ser útil a los docentes, que de esta manera saben qué ideas encontrará, con bastante probabilidad, en su aula. Posteriormente se introduce un listado de los recursos –web y materiales- necesarios para poder a llevar a cabo las tareas.

En el siguiente apartado quedan reflejados los distintos elementos curriculares (contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables) correspondientes a cada actividad. Las de 3º de ESO contienen los bloques **B.1.** Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica, **B.5.** El relieve terrestre y su evolución y **B.7.** Proyecto de investigación, mientras que las de 4º de ESO incluyen los bloques **B.2.** La dinámica de la tierra y **B.4.** Proyecto de investigación.

Seguidamente se expone la descripción de las diferentes tareas de las que se componen las actividades. Estas son muy diversas, relacionadas con la historia de la ciencia, noticias

actuales, recursos digitales, modelos 3D, etc., y están diseñadas para que el alumnado, tanto con dificultades visuales como los videntes, participen activamente.

Al final se incluye una breve justificación de las distintas competencias que se pretenden desarrollar. Este análisis está basado en la orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (2015).

ACTIVIDAD 1: VOLCANES

Curso: 3º ESO (Biología y Geología)

Temporalización: 5-6 sesiones

Fundamentación:

Dentro del campo de las Ciencias de la Tierra, el vulcanismo posiblemente sea la manifestación más evidente de la actividad interna de nuestro planeta. Es, junto con la distribución de los puntos sísmicos, una de las bases fundamentales para la elaboración de la teoría de la Tectónica de Placas. En esta actividad se trabajará sobre los conceptos de vulcanismo y actividad interna de la Tierra. El alumnado profundizará y reflexionará sobre la dinámica terrestre y sus riesgos asociados. Es importante que les quede claro que conceptos como magma, erupción, tectónica, etc., son algo más que definiciones: nos permiten poder comprender la Tierra como sistema. En este sentido, hay que insistir en que los volcanes no son una simple forma de relieve, puesto que evidencian la transferencia de materia y calor desde el interior del planeta hacia la superficie, y por tanto son el resultado de un conjunto de procesos que implican la génesis, el ascenso y la erupción de los magmas (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Además, el vulcanismo constituye una temática de primer orden para la introducción a la Geología, puesto que las catástrofes son noticia y captan de inmediato la atención de los lectores, oyentes o espectadores de los medios de comunicación. La tecnología actual permite que estos informen sobre los siniestros y ofrecen -casi en tiempo real- imágenes de los sucesos. Aprovechar la actualidad del momento de una determinada catástrofe o la proximidad geográfica del fenómeno son valores añadidos a la motivación de los estudiantes. Acercar las noticias de actualidad al aula es un recurso didáctico, por tanto, sumamente valioso (Brusi, Alfaro, & González, 2008).

Entre las ideas previas relacionadas con el vulcanismo, según Francek (2013), y que se tendrán en cuenta a lo largo de esta actividad, nos encontramos las siguientes:

- El magma que suministra lava a los volcanes procede del núcleo de la Tierra.
- Todas las erupciones volcánicas son violentas y siempre van acompañadas de lava.

- La distribución de los volcanes a través de la superficie terrestre es al azar.
- No conciben que el volcán sea una fuente importante de recursos a largo plazo.
- Las rocas han existido desde siempre.
- Los volcanes no pueden tener cumbre nevadas, ni se producen en climas fríos.

Recursos materiales:

-Fichas/Guías (Lectura, mapa borde de placas, guía volcán).

-Ordenador/ conexión a la red.

-Material del alumno: Cuaderno, bolígrafos.

-Modelos 3D de los volcanes y bordes de placas.

-Recursos web:

<https://www.volcanodiscovery.com/>

<http://www.iris.edu/hq/>

http://www.emsc-csem.org/Earthquake/significant_earthquakes.php

<http://www.alaskamuseum.org/education/volcano>

<http://online-voice-recorder.com/es/>

Contenidos/criterios de evaluación/estándares de aprendizaje evaluables.

Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
La metodología científica. Características básicas. La experimentación en biología y geología: obtención y selección de información a partir de la selección y recogida de muestras del medio natural	1. Utilizar adecuadamente el vocabulario científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel.	1.1. Identifica los términos más frecuentes del vocabulario científico, expresándose de forma correcta tanto oralmente como por escrito.
	2. Buscar, seleccionar e interpretar la información de carácter científico y utilizar dicha información para formarse una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y la salud.	2.1. Busca, selecciona e interpreta la información de carácter científico a partir de la utilización de diversas fuentes. 2.2. Transmite la información seleccionada de manera precisa utilizando diversos soportes. 2.3. Utiliza la información de carácter científico para formarse una opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados.
Bloque 5. El relieve terrestre y su evolución		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Manifestaciones de la energía interna de la Tierra. Origen y tipos de magmas. Actividad sísmica y volcánica. Distribución de volcanes y terremotos. Los riesgos sísmico y volcánico. Importancia de su predicción y prevención ¹ .	10. Diferenciar los cambios en la superficie terrestre generados por la energía del interior terrestre de los de origen externo.	10.1. Diferencia un proceso geológico externo de uno interno e identifica sus efectos en el relieve.
	11. Analizar las actividades sísmica y volcánica, sus características y los efectos que generan. ¹	11.2. Relaciona los tipos de erupción volcánica con el magma que los origina y los asocia con su peligrosidad.

¹ Los contenidos del RD aluden a los terremotos y a los volcanes. Sin embargo, en esta actividad sólo se trabajan los referidos a los volcanes.

	12. Relacionar la actividad sísmica y volcánica con la dinámica del interior terrestre y justificar su distribución planetaria.	12.1. Justifica la existencia de zonas en las que los volcanes son más numerosos. ²
	13. Valorar la importancia de conocer los riesgos sísmico y volcánico y las formas de prevenirlo.	13.1. Valora el riesgo sísmico y, en su caso, volcánico existente en la zona en que habita y conoce las medidas de prevención que debe adoptar.
Bloque 7. Proyecto de investigación		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Proyecto de investigación en equipo.	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias del trabajo científico.	1.1. Integra y aplica las destrezas propias del método científico.
	3. Utilizar fuentes de información variada, discriminar y decidir sobre ellas y los métodos empleados para su obtención.	3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.
	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en equipo.	4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.
	5. Exponer, y defender en público el proyecto de investigación realizado.	5.2. Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.

² El estándar del RD se refiere a los terremotos. Sin embargo, ya que esta actividad trata sobre el vulcanismo, se ha modificado convenientemente, aplicándolo al caso que nos ocupa.

Tarea 1. ¿Cómo se vive una erupción volcánica?

Se comenzará realizando una lectura en voz alta, para todo el grupo (para incluir a los invidentes), de un pequeño texto narrativo perteneciente a Plinio el Joven (Como, Italia, 61-Bitinia, c. 112). En él se recogen algunas de las observaciones del evento catastrófico que afectó a la ciudad de Pompeya debido a la actividad volcánica del Vesubio.

Plinio el Joven, sobrino e hijo adoptivo del naturalista Plinio el Viejo, desde una población situada en una de las puntas del golfo de Nápoles, llamada Miseno, presencié la terrible erupción del Vesubio del año 79 d.c. La cual sepultó a Pompeya y a otras poblaciones de la Campania. Plinio el Joven escribió dos cartas a su amigo historiador Tácito, contándole las impresiones de aquel terrible suceso que le costó la vida a Plinio el Viejo tras aproximarse al volcán con la intención de su estudio, y decían lo siguiente:

Epistulae VI, 16

"Me pides que te describa la muerte de mi tío a fin de que más verazmente se transmita a la posteridad. Te lo agradezco porque estoy convencido de que, si tú conmemoras su muerte, alcanzará gloria inmortal (...) Apareció una nube y los que la miraban desde lejos no sabían desde que montaña salía, pero después se supo que se trataba del Vesubio. La nube tenía un aspecto y una forma que recordaba a un pino, más que a ningún otro árbol, porque se elevaba como si se tratara de un tronco muy largo y se diversificaba en ramas. Creo que ello se debía a que, al debilitarse la corriente que en un principio la impulsaba, la nube, sin esta fuerza impulsora o debido a su propio peso, se desvanecía a lo ancho y tan pronto era blanca como sucia y manchada, según llevara tierra o ceniza. (...). Cuanto más se aproximaba, la ceniza caía en las naves cada vez más caliente y más densa, y también pedruscos y piedras ennegrecidas quemadas y rajadas por el fuego, al paso que el mar se abría como un vado y las playas se veían obstaculizadas por los cascotes (...) El edificio vacilaba debido a frecuentes y largos temblores y parecía que sus cimientos se corrían de un lado para otro. No obstante, si salían a la intemperie, eran de temer las lluvias de pedruscos, aunque más soportables. Cotejados ambos peligros, se optó por la segunda solución. Se pusieron almohadas en la cabeza, sujetas con trapos, única protección contra lo que caía. En otras partes había amanecido ya; allí seguía una noche más negra y más densa que todas las noches, sólo rota por antorchas y luces variadas (...) A él le despertó y a los demás les hizo huir el olor del azufre, precursor de las llamas y estas llegaron luego. Cayó en seguida debido, a lo que creo, a que el vaho caliginoso le tapó la respiración y le cerró el estómago, que tenía muy delicado y propenso al vómito. Cuando nuevamente se hizo de día -y era el tercero desde que había dejado de ver- su cuerpo fue hallado intacto y tal como iba vestido; el aspecto de su cuerpo más parecía el de una persona descansando que el de un difunto (...)"

Epistulae VI, 20.

"(...) deseas saber sobre los temores por los que pasé cuando me quedé en Miseno, (...) Hacía muchos días había sufrido un terremoto no muy alarmante, ya que es algo muy frecuente en Campania. Pero aquella noche fue tan fuerte que parecía que todo más que moverse se venía abajo. Mi madre entró precipitadamente en mi

habitación en el preciso momento que yo salía con intención de despertarla si dormía. Nos sentamos en la explanada que había entre los edificios y el mar (...)

La playa se había ensanchado y muchos animales marinos habían quedado en seco sobre la arena. Por otro lado una negra y horrible nube, rasgada por torcidas y vibrantes sacudidas de fuego, se abría en largas grietas de fuego, que semejaban relámpagos, pero eran mayores (...). No tardó mucho tiempo en descender aquella nube hasta la tierra y cubrir el mar; ya había rodeado y escondido a Capri, y, corriéndose hacia el Miseno, lo ocultaba (...). Ya caía ceniza, aunque poca, pero al volver el rostro vi que se aproximaba una espesa niebla por detrás de nosotros que, como un torrente, se extendía por tierra y anocheció, no como en las noches sin luna o nubladas sino con una oscuridad igual a la que se produce en un sitio cerrado en el que no hay luces. Allí hubieras oído chillidos de mujeres, gritos de niños, vocerío de hombres: todos buscaban a voces a sus padres, a sus hijos, a sus esposos, los cuales también a gritos respondían. (...) Cuando aclaró un poco nos pareció que no amanecía, sino que el fuego se iba aproximando; pero se detuvo un poco lejos y luego volvieron las tinieblas y otra vez la densa y espesa ceniza. De cuando en cuando nos levantábamos para sacudirnos las cenizas, de lo contrario nos hubiera cubierto y ahogado con su peso. (...) Aquel vaho caliginoso, no obstante, se desvaneció en humo y niebla, y pronto amaneció de veras y hasta lució el sol, aunque algo sombrío, como cuando se produce un eclipse. Ante nuestros ojos parpadeantes todo parecía distinto y cubierto de espesa ceniza, como si fuera nieve. (...) Prevalció el miedo, porque todavía duraba el terremoto, y eran muchos los que añadían a las desventuras propias y ajenas terroríficos vaticinios.”

Tras la lectura, se les plantearán algunas preguntas que promuevan la reflexión y sirvan para introducir los contenidos que se van a trabajar a lo largo de la actividad mediante una discusión dinámica, orientada a promover el pensamiento crítico, estimular la indagación y despertar la curiosidad. Este constituye el primer paso para alcanzar un aprendizaje significativo.

Preguntas:

¿Conoces alguna otra erupción histórica? Di cuáles.

¿Qué relación tiene el texto con lo que sabéis de la dinámica interna de la Tierra?

¿Qué tipos de erupciones volcánicas conoces?

¿Qué expulsa el volcán que se describe en el texto?

¿Por qué se produjeron temblores en la erupción del Vesubio?

¿Los terremotos solo se producen cuando hay erupciones volcánicas?

¿En qué zonas de España hay presencia de material volcánico?

Tarea 2. Diseño de un mapa con la actividad volcánica y sísmica.

Esta tarea se comenzará en clase tras la lectura y la discusión de las preguntas anteriores, y se pedirá a cada alumno que realicen en su casa la búsqueda de 10 volcanes (con nombre, localización y estado del volcán). Se les proporcionarán las siguientes páginas web donde buscar la información:

<https://www.volcanodiscovery.com/>

<http://www.iris.edu/hq/>

Al comienzo de la siguiente sesión cada alumno dispondrá de la información requerida. Se inicia un debate para conocer qué entienden por un volcán y en qué zonas se sitúan preferentemente.

Por equipos, en el aula, deben colocar, sobre un mapamundi donde aparecerán los bordes de las placas, los volcanes que han encontrado. Se plantea al alumnado que analicen si la distribución de los volcanes y los terremotos guarda alguna relación con los límites de placas. Para ello, debatirán la cuestión mediante la técnica 1-2-4, y el docente guiará a los equipos con algunas preguntas como las siguientes:

- ¿Siguen alguna distribución, o están situados al azar? (Se puede plantear la cuestión de si existen volcanes que no se sitúan cerca de los límites de placas convergentes, y preguntar si saben a qué se deben -por ejemplo los volcanes de Hawái, los de Islandia y los de las Islas Canarias-).
- ¿Hay diferentes zonas donde aparecen volcanes?
- ¿Qué hace pensar que existen límites de placa?

El equipo donde se localiza al alumno/a con deficiencia visual, dispondrá además de unos modelos de los bordes de placas 3D. El resto del equipo marcará los volcanes con plastilina para facilitarle la tarea de identificar la ubicación.



Fig.1. Modelo de la placa Norteamericana en 3D. Fuente: elaboración propia.



Fig.2. Modelo de la placa Euroasiática en 3D. Fuente: elaboración propia

Tarea 3. Trabajamos en 3D

Para esta tarea se formarán varios equipos, que trabajarán con la técnica 1-2-4. Cada uno de ellos contará con un volcán impreso en 3D y una ficha que deberán rellenar. Los volcanes elegidos son 4 modelos reales. Basándonos en la clasificación según su forma, se han impreso: Las cañadas del Teide como ejemplo de Caldera, Monte St. Helen como

estratovolcán, Mauna Loa y Mauna Kea como ejemplo de volcán en escudo y el cráter Sunset como ejemplo de cono de ceniza.

Estratovolcán, St Helen (USA):



Fig.3. Modelo 3D St.Helen. Fuente: elaboración propia.

Caldera, Cañadas del Teide (España):



Fig.4. Modelo 3D Cañadas Teide. Fuente: elaboración propia.

Volcán en escudo, Mauna Loa y Mauna Kea (Hawaii):

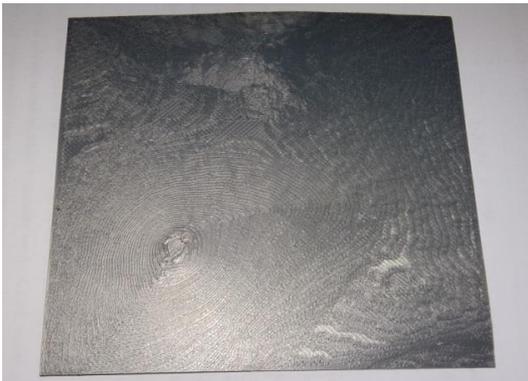


Fig.5. Modelo 3D Volcán escudo. Fuente: elaboración propia.

Conos de ceniza, cráter Sunset (USA):

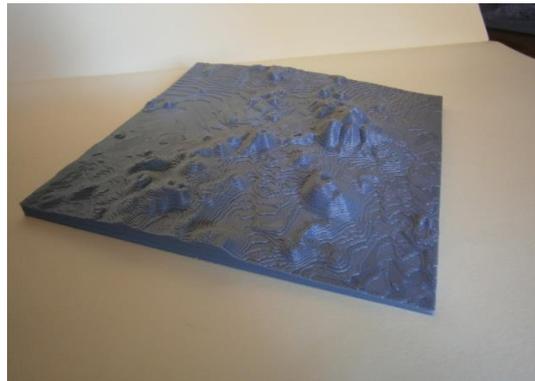


Fig.6. Modelo 3D Cañadas Teide. Fuente: elaboración propia.

La ficha (Tabla 1) recoge los siguientes datos: localización geográfica del volcán, el tipo de actividad (activo, latente o extinto), tipo de volcán según la forma (características), tipo de volcán según la erupción, características del magma, peligros volcánicos e historia eruptiva del volcán.

Nombre:		Esquema volcán, estructura y materiales que expulsa:	
Localización:			
Coordenadas:			
Tipo de Actividad:	Tipo de volcán según su forma:		
<input type="checkbox"/> Activo <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Extinto	<input type="checkbox"/> Estratovolcán <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Cono de ceniza <input type="checkbox"/> Caldera	<input type="checkbox"/> Hawaiano <input type="checkbox"/> Estromboliano <input type="checkbox"/> Vulcaniano <input type="checkbox"/> Vesubiano <input type="checkbox"/> Pliniano	
Características del magma:		Peligros volcánicos:	
Contenido en gases disueltos: <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Bajo Contenido en silicio: <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Bajo Otras:	<input type="checkbox"/> Bombas y escorias <input type="checkbox"/> Caída de piroclastos <input type="checkbox"/> Dispersión de cenizas <input type="checkbox"/> Coladas y oleadas piroclásticas	<input type="checkbox"/> Lava <input type="checkbox"/> Lahares <input type="checkbox"/> Gases <input type="checkbox"/> Ondas de choque <input type="checkbox"/> Terremotos, temblores volcánicos	
Según los peligros volcánicos que presente este tipo de volcán, ¿Qué consecuencias tiene sobre el medio ambiente y el ser humano?			

Tabla 1. Ficha de los volcanes. Fuente: elaboración propia.

El alumnado con dificultades visuales debe explorar con las dos manos las distintas piezas entregadas a los equipos, para que mientras sus compañeros realizan sus exposiciones orales ante la clase, vaya identificando los diferentes tipos de volcanes.

Tarea 4. Magma

En esta tarea se van a estudiar diferentes contenidos: de dónde procede el material magmático, los distintos tipos de erupciones volcánicas y las diferencias de composición magmática, y se intentarán corregir algunos de los errores conceptuales de los estudiantes. Se formarán grupos y a cada uno de ellos se les entregará un folio con una pregunta, que deberán contestar mediante la técnica del folio giratorio. Las cuestiones planteadas serán las siguientes:

- ¿De dónde proviene el material magmático que expulsan los volcanes?
- ¿Por qué se crean distintas formas volcánicas, por ejemplo un estratovolcán y un volcán en escudo? ¿qué hace que sean diferentes?
- ¿Qué parámetros determinan la peligrosidad de un volcán?
- ¿Qué tipo de material puede expulsar un volcán?
- ¿Se puede predecir la erupción de un volcán?

Se recogerán las respuestas de cada equipo y a continuación cada grupo se hará “experto” en una de las preguntas, buscarán información y la expondrán en clase. De esta manera el alumnado, después de haber manifestado cuáles eran sus ideas previas acerca del tema, podrá considerar las nuevas informaciones recibidas por los “expertos” y afianzar y reforzar los nuevos conocimientos, además de autoevaluarse.

Tarea 5. Simulador de volcanes

Esta tarea permite afianzar las relaciones entre los parámetros del magma y el tipo de explosión y la forma volcánica. El simulador de volcanes que se encuentra en la página del Alaska Museum (Alaska Museum, s.f.) nos permite modificar gradualmente el contenido en sílice. Al mismo tiempo, nos muestra los volcanes que se van creando con su forma, pendiente y el tipo de erupción.

Además, ofrece bastante información sobre las variables que intervienen en la formación de los volcanes, como la presión, la temperatura y la viscosidad del magma y cómo el contenido en sílice es determinante para modificar esas variables. También se puede visualizar el nombre que recibe el volcán creado, el tipo de erupción, el tipo de roca volcánica, y un sismograma que registra las ondas sísmicas procedentes de microterremotos.

Por parejas, se les dará un tiempo para que experimenten y descubran las posibilidades que hay dentro de este recurso web, y a continuación completarán una tabla para recoger y sintetizar la información.

%SiO ₂	Tipo erupción	Tipo volcán	Tipo rocas	P	Tº	Viscosidad	Conclusión

Tabla 2. Síntesis de los parámetros de las recreaciones magmáticas. Fuente: elaboración propia.

Tras completar la tabla, los estudiantes deberán relacionar e identificar qué parámetros presentaría cada uno de los modelos 3D entregados en la tarea 2 y describir cómo serían las erupciones de dichos volcanes.

Tarea 6. Periodismo científico

Esta tarea consiste en proponer varias noticias actuales a los estudiantes, con objeto de recordar y relacionar algunos términos y conceptos de la asignatura, y motivarlos y acercarlos a la geología de su entorno.

Se les facilitará a los estudiantes el titular de una noticia de actualidad, en este caso será una de la revista *Muy interesante* (Sanz, s.f.). A continuación, los estudiantes deberán de realizar una búsqueda de varias noticias relacionadas con el tema, tendrán que extraer la información más significativa y científica contenida en dichas noticias y deberán elaborar su propia noticia científica, incorporando datos reales de ese evento vulcanológico. Trabajaremos también de este modo de forma interdisciplinar el área de lengua, estimulando la comprensión lectora.

Es muy común que las noticias de los periódicos, televisión y redes sociales contengan errores, incluso las revistas de divulgación, reforzando constantemente las ideas previas. Para completar la tarea identificarán los errores conceptuales de las noticias que han buscado (si tuvieran alguno) y explicarán qué sería lo correcto, permitiendo de este modo fijar lo que aprendieron anteriormente.

Todas las noticias se subirán a la herramienta online Padlet ("Padlet", s.f.) y se realizará una grabación de audio mediante una aplicación también online ("Grabador de voz online - Graba el sonido del micrófono", s.f.), para compartirlo con el resto de los compañeros.

Competencias:

- 1) La aportación de la comunicación lingüística a esta actividad es que incluye estrategias comunicativas, como la lectura y escucha de los textos del Vesubio, la exposición de sus trabajos orales y la escritura de una noticia científica.
- 2) La interpretación de vistas tridimensionales desde distintas perspectivas por los modelos 3D, desarrolla la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. Se desarrolla el pensamiento científico y la adquisición de conocimientos, debido a la contrastación de ideas y aplicación de los descubrimientos en la descripción de los volcanes y la simulación por ordenador.
- 3) La competencia digital se desarrolla por el manejo de diferentes motores de búsqueda y bases de datos, sabiendo elegir aquellos que responden mejor a las propias necesidades de información, como ocurre en la búsqueda de volcanes y noticias científicas. Además, supone que el alumnado analice e interprete la información que se obtiene. Utiliza diferentes recursos web como el localizador de volcanes o el simulador de los diferentes tipos de erupciones volcánicas.
- 4) La actividad promueve la competencia aprender a aprender, mediante las estrategias cooperativas, ya que ayuda a conocer el modo en el que los demás aprenden. Asimismo, los estudiantes han de asegurarse que han entendido adecuadamente ciertos contenidos cuando actúan como “expertos”, ya que el aprendizaje de sus compañeros depende de su trabajo.
- 5) Las competencias sociales y cívicas se desarrollan por la necesidad de comunicarse de una manera constructiva, mostrando tolerancia al trabajar por equipos.

ACTIVIDAD 2: TERREMOTOS

Curso: 3º ESO (Biología y Geología)

Temporalización: 5-6 Sesiones

Fundamentación:

Desde el punto de vista del conocimiento científico de los ciudadanos, de los docentes y de los estudiantes, Alfaro (2012) plantea las siguientes preguntas: *“¿qué sabemos de los terremotos más allá de los conceptos básicos de nuestros libros de texto? ¿Estamos suficientemente formados e informados sobre los fenómenos sísmicos?”*

Diversos trabajos sobre las nociones del alumnado acerca de terremotos remarcan las dificultades de identificar correctamente las causas de estos fenómenos sísmicos. Algunos de estos errores conceptuales quedan recogidos en los trabajos de Puig Mauriz, Pérez Maceira, & Montero Vilar (2015), DeLaughter, Stein, Stein, & Bain (1998) y Francek (2013):

- Los volcanes como precursores de los terremotos.
- Atribuyen los terremotos a causas sobrenaturales y mitológicas.
- Asocian los terremotos casi exclusivamente con el movimiento de placas tectónicas.
- El tiempo y el calor como causas de los terremotos.
- La predicción de los terremotos es posible.
- Confunden la escala de las capas del interior terrestre.

Es importante la repercusión mediática que pueden llegar a alcanzar los terremotos (Puig Mauriz et al., 2015), en nuestro entorno tienen lugar bastantes terremotos de pequeña magnitud y la mayoría pasan desapercibidos, pero cuando son sentidos por la población causan considerable alarma social y es frecuente que los periódicos, la televisión, la radio y las redes sociales hagan un seguimiento del suceso. Nos podemos beneficiar para incluir esas noticias en el aula y trabajar la actividad sísmica, como sugieren autores como González, Alfaro García, & Brusi (2011). La sismicidad en España recibe una escasa atención (Brusi et al., 2008), puesto que, a pesar de que la Península Ibérica presenta una actividad sísmica entre baja a moderada, las consecuencias y el peligro de los terremotos se diluye rápidamente. La cultura científica en las poblaciones donde ocurren con mayor frecuencia terremotos significativos suele ser muy escasa y desconocen u olvidan las

consignas de autoprotección. Sería interesante introducir en el currículo de Enseñanza Secundaria de forma interdisciplinar el estudio de los terremotos históricos (Alfaro 2012). Para ello, en esta actividad, se selecciona la noticia de los terremotos de Granada de los años 1884 y 1956. Estos episodios sísmicos han sido unos de los más catastróficos que ha sufrido la población granadina.

En relación a las Ciencias de la Tierra, se pueden usar las propiedades de propagación de las ondas sísmicas para explorar la estructura litosférica, la estructura interna de la tierra y su diferenciación en corteza, manto y núcleo, y la relación entre sismicidad y límites de placas o características de las fallas (Díaz, 2011).

Recursos materiales:

- Fichas/Guías (Lectura, mapa borde de placas y mapa estaciones sísmicas, registros sísmicos)
- Ordenador/ conexión a la red
- Dispositivo de grabación de audio/vídeo
- Material del alumno: Regla, calculadora, compás.
- Material fungible
- Material 3D: Sismograma y gráfica de propagación de las ondas P y S.
- Recursos web:

http://www.emsc-csem.org/Earthquake/significant_earthquakes.php

http://iagpds.ugr.es/pages/informacion_divulgacion (medidas de autoprotección)

Contenidos/criterios de evaluación/estándares de aprendizaje evaluables.

Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
La metodología científica. Características básicas.	1. Utilizar adecuadamente el vocabulario científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel.	1.1. Identifica los términos más frecuentes del vocabulario científico, expresándose de forma correcta tanto oralmente como por escrito.
	2. Buscar, seleccionar e interpretar la información de carácter científico y utilizar dicha información para formarse una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y la salud.	2.1. Busca, selecciona e interpreta la información de carácter científico a partir de la utilización de diversas fuentes. 2.2. Transmite la información seleccionada de manera precisa utilizando diversos soportes. 2.3. Utiliza la información de carácter científico para formarse una opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados.
Bloque 5. El relieve terrestre y su evolución		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Manifestaciones de la energía interna de la Tierra. Origen y tipos de magmas. Actividad sísmica y volcánica. Distribución de volcanes y terremotos. Los riesgos sísmico y volcánico. Importancia de su predicción y prevención. ³	11. Analizar las actividades sísmicas, sus características y los efectos que generan. ³	11.1. Conoce y describe cómo se originan los seísmos y los efectos que generan.
	12. Relacionar la actividad sísmica y volcánica con la dinámica del interior terrestre y justificar su distribución planetaria. ⁴	12.1. Justifica la existencia de zonas en las que los terremotos son más frecuentes y de mayor magnitud.
	13. Valorar la importancia de conocer los riesgos sísmico y volcánico y las formas de prevenirlo.	13.1. Valora el riesgo sísmico y, en su caso, volcánico existente en la zona en que habita y conoce las medidas de prevención que debe adoptar.
Bloque 7. Proyecto de investigación		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Proyecto de investigación en equipo.	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias del trabajo científico.	1.1. Integra y aplica las destrezas propias del método científico.

³ Los contenidos del RD aluden a los terremotos y a los volcanes. Sin embargo, en esta actividad sólo se trabajan los referidos a los primeros.

⁴ El criterio de evaluación del RD menciona actividad sísmica y volcánica. Sin embargo, ya que estamos hablando de terremotos, se modifica convenientemente, aplicándolo solo al caso de la actividad sísmica.

	2. Elaborar hipótesis y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y la argumentación.	2.1. Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.
	3. Utilizar fuentes de información variada, discriminar y decidir sobre ellas y los métodos empleados para su obtención.	3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.
	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en equipo.	4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.
	5. Exponer, y defender en público el proyecto de investigación realizado.	5.1. Diseña pequeños trabajos de investigación sobre animales y/o plantas, los ecosistemas de su entorno o la alimentación y nutrición humana para su presentación y defensa en el aula. 5.2. Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.

Tarea 1. Lectura

Introduciremos este tema con la lectura en voz alta de una noticia (que hemos modificado a partir de la que se puede encontrar en “Los terremotos que quebraron Granada”, (2012), con objeto de reducir su extensión y suprimir información trivial), donde se recoge información de dos de los terremotos más importantes ocurridos en Granada, ambos con consecuencias catastróficas. A continuación se les propondrán varias preguntas que se contestarán con la técnica cooperativa denominada “lápices al centro”.

Los terremotos que quebraron Granada

Como cada 26 de diciembre, el Ayuntamiento de Granada recordó ayer los dos últimos terremotos que arrasaron varios pueblos de la provincia en 1884 y 1956. Ambos terremotos tuvieron consecuencias dramáticas, en los que murieron más de 850 personas.

El terremoto registrado en 1884, con epicentro en las cercanías del municipio de Alhama, ocurrió justo el día de Navidad. Hace 120 años las risas y los festejos se convirtieron en desesperados llantos de luto. Los relojes se detuvieron a las 09.08 horas de aquel 25 de diciembre de 1884 cuando las entrañas de la tierra se estremecieron. En total 101 pueblos de Málaga y Granada fueron sacudidos por un seísmo de intensidad X en la escala de Mercalli y magnitud 6,5 grados en la escala Richter. El temblor dejó tras de sí 839 muertos, 1.500 heridos y 4.400 casas destruidas.

Sin embargo, las mayores pérdidas se produjeron en Arenas del Río que, por perder, perdió hasta el nombre, aunque Alhama fue el municipio donde hubo más muertos. Según el Instituto Andaluz de Geofísica, las poblaciones más afectadas por el denominado terremoto de Andalucía fueron Arenas del Rey, donde hubo 135 muertos y 253 heridos y Alhama, que, con 463 muertos y 473 heridos, fue la población con mayor número de víctimas.

De las 6.455.097 pesetas que se recaudaron para la restauración, el 60% se destinó a Arenas del Rey, Alhama, Albuñuelas, Güevéjar, Periana y Zafarraya, mientras que el 40% restante se repartió entre los otros 95 municipios.

El último gran terremoto ocurrido en Granada tuvo lugar el 19 de abril de 1956. A las 18:38 horas el suelo tembló con inusitada violencia derribando centenares de edificios en un radio de diez kilómetros a partir de su epicentro, en el municipio de Albolote, con cerca de 5.000 habitantes.

Diez segundos a lo sumo bastaron para provocar el pánico entre los vecinos que se resistieron a entrar en sus casas ante las interminables réplicas que se produjeron tras el seísmo. El resultado de aquel fatídico día fue de siete muertos directos y otros cinco fallecidos por un deslizamiento de tierras producido días más tarde a causa de un temblor de menor intensidad que derrumbó una cueva situada en el camino de Casería de Montijo, además de decenas de heridos y centenares de casas destruidas.

Las autoridades de la época llegaron a cifrar los daños materiales en 20 millones de las antiguas pesetas. En realidad fue un terremoto de magnitud 5 e intensidad VIII. Según la opinión de los expertos del Instituto Andaluz de Geofísica, tuvo una magnitud moderada aunque alcanzó mayores efectos de los esperados debido a la escasa calidad de las construcciones.

Preguntas:

- ¿Cómo definirías un terremoto?
- ¿Se podrían haber predicho los terremotos ocurridos en la provincia de Granada?
- ¿Cómo se expresa la cantidad de energía que libera el terremoto? ¿Cuál fue en ambos casos que hemos leído?
- ¿Y cómo se expresa los efectos que produce el terremoto? ¿Cuál fue en ambos?
- ¿El registro de las ondas sísmicas nos aporta alguna información?
- ¿Se pueden detectar en Granada los grandes seísmos ocurridos en otras partes de la Tierra?
- ¿Se podría llegar a conocer el interior de la Tierra través de las ondas sísmicas o el registro de los terremotos?
- Si nos facilitan el dato de la intensidad, ¿podríamos saber la energía liberada por el terremoto?
- ¿Es la magnitud es una medida objetiva o subjetiva? ¿Y la intensidad?

Tarea 2. Localizamos el epicentro de un terremoto

El objetivo en esta tarea es la comprensión del proceso de localización de un sismo, y el refuerzo del concepto de propagación de las ondas sísmicas. Con esta tarea se pretende localizar, de una forma sencilla, el epicentro de un terremoto a partir de registros sísmicos.

El ejercicio comienza a partir del siguiente mensaje:

“En la madrugada del día 5 de Abril, se originó un seísmo de magnitud 4,2 en la provincia de Granada, que fue sentido por varias localidades. Nos han enviado la información de los sismogramas y la localización de las estaciones de registro sísmico. Hay que localizar el epicentro del terremoto y facilitarles la información a los ayuntamientos próximos y a las autoridades autonómicas.”

A continuación se le facilita a los estudiantes tres registros sísmicos (Giner-Robles et al., s.f.). Al alumnado invidente o con deficiencias visuales se entrega el documento en relieve para que puedan diferenciar cuándo llegan las ondas P y las ondas S.

Los dibujos de los sismogramas no son muy realistas, ya que se ha exagerado gráficamente la separación temporal de la llegada de cada onda para que los alumnos no tengan problemas para definir los tiempos de llegada.

Pertencen a tres estaciones sísmicas distintas, y en cada sismograma la distancia se determina por la diferencia entre el tiempo de llegada de las ondas P y las ondas S dividida entre la diferencia de las velocidades de ambas ondas:

$$d = \frac{(T_s - T_p)}{\left(\frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p}\right)}$$

$$V_p \text{ (km/s)} = 5.6$$

$$V_s \text{ (km/s)} = 4.5$$

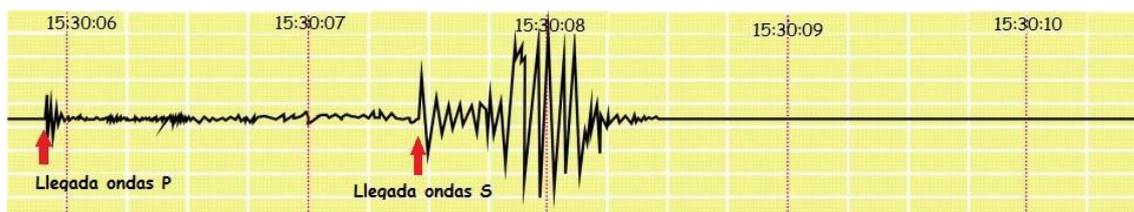


Fig.7. Sismograma con aclaración de la llegada de ondas P y S. Fuente: Giner-Robles et al. (s.f.)

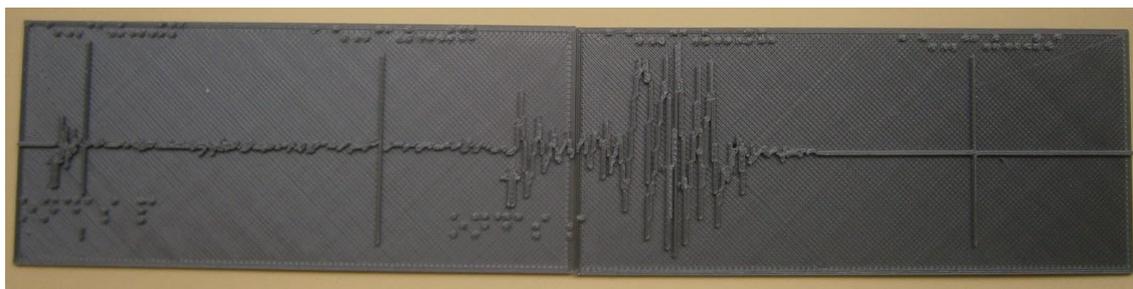


Fig. 8. Modelo 3D ejemplo llegada ondas P y S en un sismograma con información en Braille. Fuente: elaboración propia.

El docente puede facilitar directamente al alumnado la medida de la diferencia de tiempo entre ambas ondas, dependiendo del tiempo disponible para la actividad. Pero sí hay que mostrar el proceso y conocer cuándo llega cada una de ellas. A continuación se muestran los sismogramas recogidos en cada una de las 3 estaciones (las figuras han sido extraídas del trabajo de Giner-Robles et al. (s.f.)):

La diferencia entre la onda P y la onda S es de 1 segundo (estación 1):

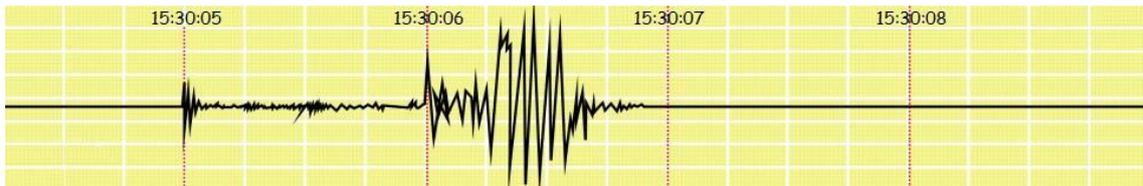


Fig.9. Sismograma de la estación 1.

La diferencia entre la onda P y la onda S es de 1,5 segundos (estación 2):

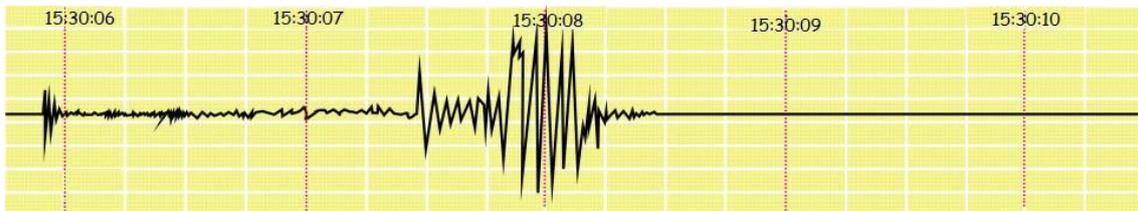


Fig.10. Sismograma de la estación 2.

La diferencia entre la onda P y la onda S es de 3,25 segundos (estación 3):

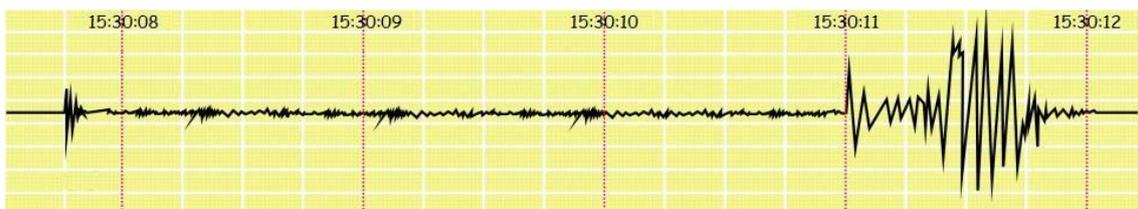


Fig.11. Sismograma de la estación 3.

Una vez hayamos calculado esta distancia “d” en km, hay que realizar otro cálculo para poder dibujar una circunferencia de esa distancia a la escala del mapa.



Fig. 12. Mapa con la localización de las estaciones sísmicas. Fuente: elaboración propia.

Cuando obtengamos las circunferencias, el punto de intersección de las mismas es donde se localiza el epicentro del terremoto (en este caso en Alhama de Granada).

El alumnado dispone de un mapa de la provincia de Granada donde aparece la localización de las tres estaciones sísmicas. Teniendo cada estación como centro de la circunferencia y el radio como la distancia obtenida en cada caso y llevada a escala, se dibujan las tres circunferencias y se busca el punto de intersección de las tres, que se corresponderá con el epicentro del terremoto.

Tras la realización de este ejercicio se le pide al alumnado que conteste de forma oral:

- ¿Por qué hay dos tipos de ondas? ¿Sabemos cómo viajan?
- Realizar un breve resumen de cómo se mide y registra un terremoto.

Se puede proponer tener la solución, elaborada en relieve, como elemento evaluador para que el alumnado invidente compruebe si coincide con su ejecución del ejercicio.

Tarea 3. Interior terrestre

Para explicar la naturaleza del interior de la Tierra mediante el uso de las ondas sísmicas es conveniente que conozcan el diferente comportamiento de las ondas P y S cuando pasan a través de los sólidos y líquidos. Por tanto, antes de abordar la cuestión de la estructura interna terrestre, se realizará la dinámica presentada en “Earthlearningidea”, (s.f.) que se llama “Ondas en la Tierra 2-Moléculas humanas”.

Se necesita una fila de 4 o 5 estudiantes, que harán el rol de moléculas. Primero vamos a mostrar cómo se transmiten las ondas P y S en un medio sólido. Se unirán colocando las

manos en los hombros del compañero que hay delante con los brazos completamente rígidos. Es necesario explicarles que mantengan los brazos rectos y asir firmemente al compañero, puesto que ahora son moléculas de un sólido fuertemente unidas entre sí.

Para observar cómo las ondas P generadas por un terremoto atraviesan las partes sólidas del interior terrestre, el último de la fila debe aplicar un movimiento suave adelante y hacia atrás sobre su compañero, de forma que cada persona vuelva a su posición original y se repita varias veces esta oscilación. Los demás estudiantes observarán cómo la “onda” se propaga a lo largo de la fila. Se les pedirá a los estudiantes que identifiquen el movimiento de la onda, y si es longitudinal o transversal, para recordar de qué tipo las ondas P (Primarias).

Para representar las ondas S del terremoto en un medio sólido, el último de la fila tiene que mover suavemente a su compañero de delante hacia un lado y otro, produciendo otro tipo de oscilación que también se transmite a lo largo de la fila. De esta forma se muestra que, al igual que las ondas P, éstas también son capaces de atravesar las partes sólidas del interior de la Tierra. Como antes, se pedirá a los estudiantes que identifiquen cómo es el movimiento en este caso, longitudinal o transversal, con objeto de recordar de qué clase son las ondas S (Secundarias).

Ahora van a representar las moléculas de un fluido y por ello deben bajar los brazos. Otro alumno debería mover de un lado al otro al que tiene delante de la misma forma en que se inician las ondas S en un terremoto. Sin embargo, ahora no se transmitirá a lo largo de la fila, demostrándose así que estas no se transmiten a través de los fluidos.

Para observar lo que ocurre con las ondas P en un medio fluido pedimos al último que empuje suavemente al que tiene delante. Se transmitirá a lo largo de la fila, a pesar de que los alumnos no siempre retornan al punto de partida como sí lo harían las moléculas reales. Esto demuestra que las ondas P se pueden transmitir a través de un fluido (líquido o gas), en contraste con las S, como se ha visto anteriormente.

Tras la realización de la dinámica se trabajará con la siguiente gráfica, para conocer el interior de la Tierra. También se dispone de un modelo impreso en 3D para alumnos con discapacidad visual. Con la técnica de trabajo cooperativo “cabezas juntas numeradas” los estudiantes deben responder a las siguientes cuestiones:

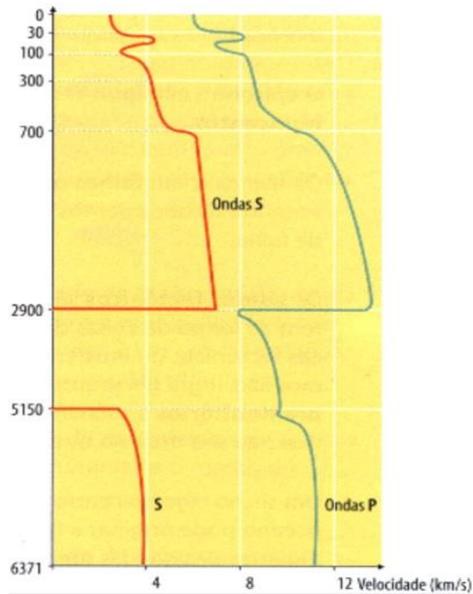


Fig.13 Gráfica Ondas P y S extraída de “#IgeoQuiz” (s.f.)

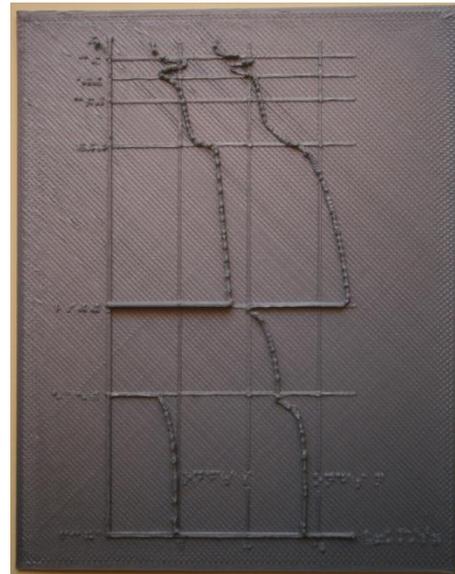


Fig. 14. Gráfica impresa 3D con información braille. Fuente: elaboración propia.

- ¿Por qué la línea correspondiente a las ondas P está a la derecha de la de las ondas S?
- ¿Cuántas discontinuidades es posible percibir? ¿A qué profundidad se encuentran?
- Sabemos que el núcleo externo es líquido, ¿Cómo? ¿A qué profundidad se encuentra?
- ¿Y cómo sabemos que el núcleo interno es sólido?
- Describir los cambios en la velocidad de las ondas P y S con la profundidad.
- Dibujar un esquema gráfico en cuña de la estructura del interior de la Tierra a partir de los datos de la gráfica. Con la misma escala vertical para hacer coincidir las discontinuidades

Tarea 4. Compartimos noticias

La actualidad de algún terremoto mediático es una estrategia muy recomendable para el docente. Diseñando alguna actividad didáctica que incorpore los datos reales de ese sismo (magnitud, intensidad, contexto geodinámico,...) para introducir, recordar o relacionar algunos términos y conceptos de la asignatura es, siempre, una experiencia muy positiva. (González, Alfaro, & Brusi, 2011)

Con esta tarea se pretende relacionar una noticia próxima, divulgada por los medios, con los contenidos de magnitud e intensidad, y estudiar los efectos que provocan en la sociedad.

La tarea comenzará con la explicación por parte del docente de los conceptos de magnitud y de intensidad de un terremoto. Normalmente se suelen confundir. Para diferenciarlos adecuadamente, se les planteará a los estudiantes los efectos causados por terremotos de la misma magnitud pero que han tenido diferentes intensidades. Como ejemplos, citaremos el ocurrido en 2010 en Haití de magnitud 7,3 y alguno de los terremotos que normalmente ocurren en Japón con esa misma magnitud. A continuación se analizarán los acaecidos en Lorca en 2011 y Amatrice (Italia) en 2016, se les pedirá que busquen la información de los datos de magnitud del terremoto, intensidad, profundidad a la que se produjo, número y magnitud de las réplicas, etc. y que saquen sus propias conclusiones.

Fecha y nombre del terremoto:						
1. Localización	Localidad más cercana:					
	Coordenadas:					
	Profundidad:					
2. Magnitud Vs Intensidad	Concepto Magnitud					
	Valor Mg:					
	Concepto Intensidad					
	Valor I:					
	¿La noticia diferencia correctamente los conceptos de magnitud e intensidad?					
3. Efectos inducidos	Licuefacción					
	Deslizamientos y desprendimientos					
	Tsunamis					
4. Réplicas	Número de réplicas					
	Magnitud de la réplica mayor					
5. Contexto geodinámico	Límite de placas			Convergente		
				Divergente		
	Zona de intraplacas			Transformante		
6. Riesgo sísmico	Nº de víctimas			Alta	Media	Baja
	Fallecidos	Heridos	Peligrosidad			
			Vulnerabilidad			
			Exposición			

Tabla 3. Adaptada de González, Alfaro, & Brusi (2011).

A continuación, los grupos cooperativos buscarán otra noticia de un terremoto y con la ayuda de la ficha que se muestra en la Tabla 3, han de sintetizar los datos. Deberán subir la

ficha rellena a la aplicación Padlet junto con un resumen de la noticia en un archivo de audio, para incluir al alumnado con deficiencias visuales.

Tarea 5. Preparados para un terremoto

En esta tarea los estudiantes buscarán las medidas de autoprotección para un terremoto, puesto que es necesario abordar los errores relacionados con la seguridad cuando suceden este tipo de eventos, lo que en última instancia podría salvar vidas. Francek (2013) apunta que hay que corregir la idea de buscar refugio debajo de una puerta como se ha venido haciendo y dar a conocer el agacharse, cubrirse y agarrarse. Se dividirán en tres grupos y cada uno realizará un vídeo donde se visualice cómo hay que tomar las medidas. Un grupo se dedicará al antes del terremoto, otro al durante el sismo y otro al después. Es importante recalcar que los alumnos con discapacidad visual sean protagonistas de los videos, pues les será más sencillo recordar después las medidas.

Competencias:

- 1) Como resultado de las lecturas de las noticias relacionadas con terremotos se desarrolla la competencia de comunicación lingüística. También promueve la comunicación audiovisual mediante el uso de la tecnología digital para la producción del video de autoprotección frente a un terremoto.
- 2) Se desarrolla la competencia matemática por el uso de fórmulas, gráficas, escalas y mapas. Las competencias básicas en ciencia y tecnología se promueven en la tarea de la localización del epicentro del terremoto, donde han de resolver un problema relativamente complejo en el que es necesario analizar los datos y aplicar lo aprendido para obtener el punto donde se ha producido el seísmo. Asimismo, en la de “moléculas-humanas” han de aplicar la información sobre la propagación de ondas sísmicas en el interior de la Tierra a la interpretación de gráficas, con objeto de deducir algunas propiedades de la estructura del interior terrestre. Además han de analizar varias noticias sobre los terremotos y tendrán que exponer públicamente un trabajo sobre las principales medidas de autoprotección, por lo que habrán tenido que entender adecuadamente la información.
- 3) La creación de contenidos digitales en diferentes formatos, como el vídeo para las medidas de autoprotección frente a un terremoto, ayuda al desarrollo de la competencia digital, mediante un uso creativo y crítico de las tecnologías de la información y la comunicación. Esto también puede aplicarse al uso de recursos web para conocer los últimos terremotos sucedidos en todo el planeta.
- 4) En esta actividad se fomenta el proceso reflexivo con la estrategia de “Lápices al centro” que permite pensar antes de actuar, y ayudar al desarrollo de la competencia aprender a aprender. Además, la tarea “Preparados para un terremoto” exige un esfuerzo de planificación, supervisión y evaluación.
- 5) Debido a la metodología basada en el aprendizaje cooperativo en el que se basa todo este trabajo, se desarrollan las competencias sociales y cívicas, puesto que las personas deben ser capaces de tener un comportamiento de respeto, colaboración e inclusión de compañeros con discapacidad visual, lo que supone ser capaces de ponerse en el lugar del otro, ser tolerantes y aceptar las diferencias.
- 6) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor, competencia que se desarrolla fundamentalmente en la última tarea de la producción de un video, que potencia la iniciativa, la creatividad y la innovación.

- 7) La competencia en conciencia y expresión cultural se potencia a través de las noticias de los terremotos históricos de Granada, puesto que les permita acceder a conocimientos de la herencia cultural (patrimonio cultural y medioambiental)

ACTIVIDAD 3: TIEMPO GEOLÓGICO

Curso: 4º ESO (Biología y Geología)

Temporalización: 5-6 sesiones

Fundamentación:

Los seísmos y las erupciones volcánicas son procesos geológicos espectaculares e impactantes, y quizás los que más admiren a los estudiantes, puesto que presentan efectos visibles casi instantáneos, además de que han sido citados históricamente. No obstante, no basta con esto, puesto que para obtener una idea básica y estructurada de la Geología es necesario referirse y trabajar con el concepto de Tiempo Geológico. La componente histórica hace de la Geología una ciencia independiente de la Física y la Química.

Nos encontramos con el obstáculo de la lentitud de la mayor parte de los procesos geológicos y esto dificulta el aprendizaje de esta materia. El Tiempo Geológico no es un mero concepto cronológico, no sólo implica saber la edad de la Tierra, los periodos geológicos y su duración. Su significado engloba además a los procesos que experimentan las rocas de la Tierra, puesto que hay que llegar a entender que estas no son tan antiguas como el planeta, que una cordillera no se forma en 2 o 3 mil años o que para separar dos continentes no son suficientes un par de terremotos (Berjillos Ruiz & Pedrinaci, 1995).

Sequeiros y Pedrinaci (1992) consideran que uno de los conceptos geológicos más importantes y con mayor potencial organizador es que “las rocas pueden ser consideradas archivos históricos que contienen información sobre las condiciones en que se originaron y las alteraciones posteriores que han experimentado”. Esto le proporciona al alumno una nueva dimensión al aprendizaje de la Geología, que pasa a convertirse en el aprendizaje de aquellos instrumentos metodológicos y conceptuales que nos ayudan a descifrar las rocas y a conocer su pasado, y por ende el pasado de la Tierra.

Hay que destacar, como cita Piaget en numerosos trabajos, la importancia que tiene la representación de escalas temporales en el espacio, que ayudan a construir una imagen mental en la que, además, el tiempo aparezca dotado de continuidad.

Es muy útil introducir los nombres de algunos periodos y señalar los acontecimientos que han impulsado su consideración como límites de eras distintas, pero el desafío recae en la colocación correcta de los eventos (esta es una de las dificultades que expone Francek

(2013)). Algunos de los errores conceptuales de los estudiantes, en el ámbito de la geología histórica, mostrados por este mismo autor son:

- Los dinosaurios y los humanos coexistieron.
- La tierra y la vida se originaron simultáneamente.
- Unas de las dificultades que presenta el alumnado a la hora de aprender conceptos relacionados con la Geología es la comprensión de la escala de tiempo geológico y los diferentes órdenes de magnitud de los procesos que tienen lugar en la naturaleza.

Recursos materiales:

- Fichas/Guías: Tarjetas juego de rol, tabla extinciones
- Material fungible
- Modelos fósiles 3D
- Ordenador/conexión a internet
- Sal (1 kg si se va a usar un tubo de 60cm de altura y 3 cm de diámetro)
- Una caja de tizas de colores
- Tubo (60 cm de altura y 3 cm de diámetro)
- Gomas de distintos colores
- Pegatinas

Web:

<https://www.timetoast.com/>

Videos:

La sexta extinción masiva de la Tierra:

<https://www.youtube.com/watch?v=-sGKemOhRJs>

La sexta extinción. Ciencia para todos:

<https://www.youtube.com/watch?v=KzhL79W0l-0>

Contenidos/criterios de evaluación/estándares de aprendizaje evaluables:

Bloque 2. La Dinámica de la Tierra		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>La historia de la Tierra. El origen de la Tierra. El tiempo geológico: ideas históricas sobre la edad de la Tierra. Principios y procedimientos que permiten reconstruir su historia. Utilización del actualismo como método de interpretación</p> <p>Los eones, eras geológicas y periodos geológicos: ubicación de los acontecimientos geológicos y biológicos importantes.</p>	1. Reconocer, recopilar y contrastar hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante.	1.1. Identifica y describe hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante, relacionándolos con los fenómenos que suceden en la actualidad.
	2. Registrar y reconstruir algunos de los cambios más notables de la historia de la Tierra, asociándolos con su situación actual.	2.1. Reconstruye algunos cambios notables en la Tierra, mediante la utilización de modelos temporales a escala y reconociendo las unidades temporales en la historia geológica.
	4. Categorizar e integrar los procesos geológicos más importantes de la historia de la tierra.	4.1. 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.
	5. Reconocer y datar los eones, eras y periodos geológicos, utilizando el conocimiento de los fósiles guía.	5.1. Relaciona alguno de los fósiles guía más característico con su era geológica.
Bloque 4. Proyecto de investigación		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Proyecto de investigación	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico.	1.1. Integra y aplica las destrezas propias de los métodos de la ciencia.
	3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.	3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.

	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo.	4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.
	5. Presentar y defender en público el proyecto de investigación realizado.	5.2. Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.

Tarea 1. Historia científica

Se realizará un juego de rol para discutir sobre los diferentes enfoques que se han propuesto durante los últimos siglos sobre la Edad de la Tierra. El grupo se dividirá en 7 equipos, al que se le hará entrega de una tarjeta donde se describe qué dijeron algunas personalidades sobre la edad de la Tierra en diferentes momentos de la historia de la ciencia. Se les pedirá a los estudiantes que preparen la defensa de lo que pone en su tarjeta buscando información durante 15 minutos. Por turnos moderados por el docente, el portavoz de cada equipo expondrá por qué su idea es la acertada. Tras esta primera aproximación, y para que todos los alumnos conozcan los diferentes enfoques que han ido apareciendo acerca de este tema, se realizará una discusión sobre los hechos en los que estaban más o menos acertados, y entre todos organizarán una tabla para ver cómo ha evolucionado la idea de la edad de la Tierra.

Los textos de las tarjetas son los siguientes:

1. El arzobispo James Ussher estimó la edad de La Tierra en 4004 años a.C., sumando las edades de los Patriarcas Judíos que aparecen en el antiguo Testamento. (S.XVII)
2. Aún no se había discutido la edad de La Tierra expuesta desde el arzobispo. Científicos como Hutton, Darwin, Lyell o Huxley, pusieron en duda esta fecha, ya que en un periodo de tiempo tan corto no podría formarse una montaña o evolucionar una especie. (S.XIX)
3. William Thomson, conocido como Lord Kelvin, dató la edad de La Tierra entre 20 y 90 M.a., basándose en el tiempo que tardaría el planeta en enfriarse partiendo de una gran bola de roca fundida. (S.XIX -1862)
4. Huxley rebatió a Thomson argumentando que la conclusión obtenida no era correcta, ya que partía de datos erróneos “Se necesita más tiempo para erosionar una montaña o para que evolucione una especie”. (S.XIX-1869)
5. Gracias al descubrimiento de la radioactividad por H. Becquerel y de los elementos radiactivos polonio y radio por Marie y Pierre Curie, se logra la datación precisa de las rocas de la corteza terrestre y de los meteoritos que caen sobre La Tierra. (1896)

6. Holmes utilizó el ratio de los elementos radiactivos uranio/plomo para estimar las edades de distintas rocas del Precámbrico. Una parecía tener 1600 millones de años de antigüedad. (1911)
7. Se obtuvo la edad de La Tierra en 4540 millones de años con un margen de error menor al 1% (45 millones de años) usando rocas arcaicas de galena, ya que son los minerales más antiguos del planeta formados solo a base de plomo. (Nuestros días)

Tarea 2. Vocabulario

En esta tarea el alumnado profundizará sobre el significado de distintos términos relacionados con las eras geológicas. Cada uno realizará una búsqueda de información acerca de un concepto en casa, para llevarla a su grupo y ponerla en común (se puede y se debe aportar imágenes, materiales reciclados, iconos, etc.). Al día siguiente, en clase, cada estudiante expone la información a su equipo. Después cada grupo explica al resto de la clase los términos que se le encargó, mostrando el material aportado. El gran grupo irá realizando un diccionario de términos básicos sobre geología.

Los términos que se deben buscar son:

- | | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------|
| -Coprolito | -Bentónico | -Facies |
| -Ignita | -Pelágico | -Ediacara |
| -Actualismo | -Foraminífero | -Paleontología |
| -Cruzianas | -Era | -Geocronología |
| -Datación relativa | -Datación absoluta | -Rodinia |
| -Pangea | -Cementación | -Estrato |
| -Zona de apogeo | -Límite K-T | -Estromatolito |
| -Oolito | -Transgresión y regresión marina | |

Tarea 4. Calculamos el tiempo

Realizaremos una primera aproximación al estudio de los períodos geológicos. Ya que esto puede resultar poco atractivo para el alumnado cuando se le presenta simplemente una línea coloreada con los distintos nombres de cada periodo, con esta tarea se pretende que los estudiantes construyan una línea del tiempo geológico con un material económico y sencillo de conseguir: sal de colores.

Se empezará describiendo qué es un eón, una era y un periodo posteriormente, el alumnado buscará las eras y periodos que constituyen el eón Fanerozoico y la duración de cada uno de ellos. El Precámbrico engloba 3 eones, el eón Hádico, el eón Arcaico y el eón Proterozoico. Aunque no se trabaje debido a su extensa duración y a la poca información que hay de él, es interesante remarcar que de los 4550 M.a de la Tierra, hay 4000 M.a que corresponde al Precámbrico, periodo del que apenas hay información comparado con el Eón Fanerozoico. Si realizamos una representación a escala de este en un tubo de 60 cm (Fig.16), el Precámbrico necesitaría otro de 4,80 metros.

Cada periodo está representado con una sal de un color diferente (coloreada con tizas), correspondientes a los períodos que se presentan, por ejemplo, en la siguiente tabla geocronológica:

Edad (Ma)	Era	Periodo	
0.01 - 0	Cenozoico	Cuaternario	
1.8 - 0.01		Neógeno	
5.3-1.8			
23.8-5.3		Paleógeno	
33.7-23.8			
54.8-33.7			
65-54.8	Mesozoico	Cretácico	
144-65		Jurásico	
206-144		Triásico	
248-206		Permico	
290-248		Carbonifero (Mississípico y Pensilvánico)	
354-290			
417-354			Devónico
443-417			Silúrico
490-443		Paleozoico	Ordovícico
540-490			Cámbrico
2500-540	Proterozoico		
4550-2500	Arqueozoico		

Fig. 15. Tabla geocronológica. Fuente: <https://tiempogeologico.wordpress.com/>

Se introducirán las distintas sales en un tubo transparente de un determinado diámetro no muy ancho. De esta manera se irán conformando, en el interior del cilindro, capas de diferentes colores y grosores que representarán a cada uno de los periodos, y su duración. Para ello será necesario que los estudiantes conviertan las escalas temporales a longitudes (por ejemplo, en mm), usando proporciones.



Fig 16. Representación tiempo geológico. Fuente: elaboración propia

Para el alumnado con deficiencia visual el cilindro tendrá por el exterior unas gomas elásticas gruesas para cada era y otras más finas para los períodos, que quedarían de esta manera delimitados. Así podrá ir tocando las distintas dimensiones de las eras y los periodos geológicos.

Las cifras que los geólogos manejan (Ma) suelen ser muy difíciles de imaginar, por lo que para hacerse una vaga idea de lo que el “tiempo geológico” supone para nuestra percepción del tiempo, es necesario diseñar una escala sencilla que permita visualizarlo. Para ello se realizará una línea del tiempo en la plataforma “Timetoast” (s.f.), en la cual se comprimirá toda la historia de la Tierra, calculando dónde empiezan cada era y periodo. Esta misma línea servirá para la siguiente tarea, donde se completará con la información buscada por los estudiantes sobre acontecimientos importantes que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra.

Nótese que se trata de una tarea interdisciplinar (se podría realizar en colaboración con el área de matemáticas), donde se desarrolla la competencia matemática, ya que los alumnos,

por grupos, tienen que convertir la duración de las distintas eras y periodos, de formar proporcional, a una escala en mm. Asimismo, al trabajar con la escala temporal de un año también han de llevar a cabo distintas conversiones y utilizar las unidades sexagesimales.

Tarea 5. Eventos de la Tierra

Mientras que la tarea anterior se centraba fundamentalmente en la cronología, en esta estudiaremos fundamentalmente los eventos y sucesos más importantes para la vida a lo largo de la historia de la Tierra, por lo que esta tarea completa a la precedente.

El alumnado, por grupos, se dedicará a buscar información sobre el periodo y la era correspondiente al fósil que se le asignó anteriormente. Deberán realizar una exposición en clase en la que explicarán los acontecimientos más importantes que han tenido lugar en la Tierra, y sus consecuencias para la vida, a lo largo del tiempo geológico que les ha tocado.

Entre todos irán completando un documento de Google Drive, en el que se describirán dichos eventos. La información necesaria para la exposición debe contener: la duración de los periodos geológicos, otros fósiles contemporáneos (fauna y flora), qué seres vivos predominaban, qué clima prevalecía, formación de orogénias, formación y distribución de los continentes, extinciones, etc.

Cada equipo adjuntará a la línea del tiempo, que se realizó en la tarea previa, la información que ha obtenido, y la explicarán al resto de sus compañeros/as. Por ejemplo, las rocas más antiguas que conocemos tienen fecha de mediados de marzo, los seres vivos aparecieron en el mar por primera vez en mayo, las plantas y los animales terrestres emergieron a finales de noviembre, los dinosaurios desaparecieron el día 26 de diciembre, los primeros homínidos aparecieron en algún momento de la tarde del 31 de diciembre, etc.

Junto con el documento escrito realizarán una grabación de audio con la información, lo que les ayudará a su expresión y comunicación, y también le facilitarán el estudio para los estudiantes con discapacidad visual. El documento y el audio generado lo compartirán en Padlet, con objeto de darle la visibilidad adecuada. Mientras el alumnado va dando sus explicaciones en el aula sobre su investigación, los que tienen dificultad visual irán reconociendo los fósiles correspondientes a los tiempos geológicos explicados, para que puedan ir relacionando cada uno con su época correspondiente.

Tarea 6. Grandes Extinciones

A lo largo de la historia de la Tierra han sucedido numerosas extinciones, algunas más importantes que otras. Éstas han sido provocadas por varios factores como el cambio en la distribución de los continentes, una actividad volcánica muy intensa y prolongada, transgresiones-regresiones que modifican el clima y por tanto la biodiversidad del planeta, etc.

Esta tarea está dividida en dos partes, en la primera se les dejará un tiempo para rellenar una tabla por parejas, con datos que les facilitará el docente, aunque sin ordenar. Y posteriormente se realizará un debate dinámico entre los estudiantes para que reflexionen sobre el porqué de sus decisiones y vayan corrigiendo los errores que hayan podido cometer.

Tabla que se distribuye a los estudiantes:

	¿Cuándo?	Debido a...	Afectó a...
1ª Gran Extinción			
2ª Gran Extinción			
3ª Gran Extinción			
4ª Gran Extinción			
5ª Gran Extinción			

Tabla 5. Tabla vacía que se les entrega a los alumnos

Tabla con los datos que se les darán para que lo clasifiquen:

	¿Cuándo?	Debido a...	Afectó a...
1ª Gran Extinción	Ordovícico-Silúrico (440 M.a.)	Transgresiones y regresiones marinas provocadas por grandes glaciaciones en Gondwana y su deshielo.	Los seres marinos (los únicos pobladores). Tuvo lugar la desaparición de: -50% Corales -85% especies de braquiópodos, briozoos, trilobites, graptolites
2ª Gran Extinción	Devónico (360 M.a.)	Disminución temperatura global, reducción de CO ₂	Desapareció el 70% de las especies existentes en aquel momento.
3ª Gran Extinción	Pérmico-Triásico (251)	Aún es desconocido, se manejan varias hipótesis:	Sólo sobrevivió el 10% de los organismos vivos, desapareció el 96% especies marinas (entre ellos los

“Gran Mortandad”	M.a.)	-Vulcanismo extremo -impacto de un asteroide -explosión de una supernova cercana -liberación de ingentes cantidades de gases invernadero atrapadas en los fondos oceánicos	trilobites y el 70% especies terrestres)
4ª Gran Extinción	Triásico- Jurásico (210 M.a.)	Rotura de Pangea, aumento de actividad volcánica, impactos de meteoritos, cambios climáticos y cambios nivel del mar	Desapareció el 20% de las familias biológicas marinas y varios grupos de arcosaurios, reptiles, mamíferos y anfibios.
5ª Gran Extinción	Cretácico- Terciario (65 M.a.)	Gran y prolongada erupción volcánica en el actual territorio de la India e impacto de meteoritos.	Desapareció el 50% de los géneros biológicos, entre ellos los dinosaurios, los pterosaurios, reptiles nadadores, ammonoideos, rudistas y disminuyeron el nanoplacton calcáreo y los foraminíferos planctónicos

Tabla 6. Tabla con la información completa.

La segunda parte de la tarea consiste en que los estudiantes profundicen en la “sexta extinción masiva” y que reflexionen sobre el papel del Ser Humano en el cambio climático y en la pérdida de la biodiversidad, que ya se sitúa alrededor del 20%. Se les plantean a los estudiantes las siguientes preguntas para realizar un debate que se dividirá en el antes y el después de ver los documentales para comparar lo que pensaban inicialmente con lo que piensan después ya que posiblemente haya diferencias significativas en las respuestas:

- ¿Cuáles son los parecidos y las diferencias entre las anteriores extinciones y esta 6ª extinción masiva?
- ¿Qué factores inciden en esta extinción provocada por el Ser Humano?
- ¿A qué velocidad están desapareciendo las especies actualmente?
- ¿Somos todos los seres humanos responsables de esta situación límite del gran deterioro de la vida en nuestro planeta?

Los videos relacionados con el la sexta extinción masiva, y que servirán para recopilar información de cara al debate posterior son los siguientes:

La sexta extinción masiva de la Tierra: (<https://www.youtube.com/watch?v=sGKemOhRJs>) (desde el minuto 3:20 al 5:53 min)

La sexta extinción. Ciencia para todos:
(<https://www.youtube.com/watch?v=KzhL79W0l-0>)

Si hay tiempo, se visualizará también el interesante documental llamado “Racing Extinction”, en el que se muestran los peligros de la extinción que estamos provocando, se informa sobre el tráfico de especies protegidas y se recurre a las nuevas tecnologías para obtener pruebas de las emisiones de CO₂. En definitiva, se realiza un recorrido por nuestro mundo para que lo veamos con nuevos ojos y comprendamos el valor de preservar la vida tal y como la conocemos.

Posteriormente tras la contestación de las preguntas por segunda vez, el debate continuará para que, no solamente se analicen las ideas, o que muestren su sensibilización con respecto a este tema, sino que hagan propuestas concretas que puedan llevar a cabo en su vida diaria, encaminadas a intentar paliar la situación. El docente podrá guiar a la clase hacia una propuesta que, si les parece bien a los alumnos, puede ser muy motivadora para ellos. Pueden realizar un pequeño reportaje o video, y ponerlo en el blog de la clase, a modo de denuncia, y con objeto de extender la preocupación con respecto a este tema.

Competencias:

- 1) La competencia en comunicación lingüística se desarrolla mediante el uso de diversas estrategias comunicativas, como los debates organizados en el aula y los juegos de rol. Tanto la exposición oral de sus trabajos como la grabación de audios les ayudarán a su expresión y a mejorar sus habilidades de comunicación.
- 2) La competencia matemática en esta actividad es importante, puesto que se realizan diferentes cálculos para convertir escalas temporales en millones de años a longitudes y a un intervalo de tiempo de un año, lo cual requiere además el uso de unidades sexagesimales.
Las competencias básicas en ciencia y tecnología se desarrollan mediante el análisis de los fósiles y de los principales eventos de la historia de la Tierra. En particular, es importante en este sentido la comprensión de la sexta extinción masiva, y la propuesta justificada de acciones que pueden llevar a cabo al respecto.
- 3) La competencia digital supone el uso de tecnologías de la información y la comunicación, mediante recursos web como la línea de tiempo (timetoast) y Google Drive. Además, han de buscar y evaluar información diversa sobre los eventos de la Tierra y la sexta extinción masiva, realizando finalmente un reportaje y colocándolo en el blog de la clase.
- 4) Competencia aprender a aprender: El trabajo cooperativo en las tareas, permite al estudiante llegar a alternativas que no se le había ocurrido, siendo consciente de lo que hace para aprender. La realización del debate y el reportaje a modo de denuncia requiere una reflexión que favorece la autoevaluación del estudiante.
- 5) Competencias sociales y cívicas: El trabajo en equipo refuerza la capacidad de comunicación de una manera constructiva y tolerante, siendo capaces de comprender y expresar diferentes puntos de vista (juego de rol, construcción del tubo de sal, tarea de los eventos de la Tierra).
- 6) Se desarrolla la competencia en conciencia y expresión cultural con la creatividad y la participación en las tareas manuales como la representación del tiempo geológico con sal de colores.

ACTIVIDAD 4: TECTÓNICA DE PLACAS

Curso: 4º ESO

Temporalización: 5-6 sesiones

Fundamentación:

La primera teoría que aportó una visión integradora y que permitió explicar razonablemente la gran mayoría de procesos geológicos que originaron las principales estructuras de la superficie terrestre, incluidos los continentes y las cuencas oceánicas, es la teoría de la tectónica de placas. Ha logrado relacionar numerosos aspectos de la Geología, pues varias ramas de esta ciencia se han unido para aportar una mejor comprensión del funcionamiento de la dinámica de nuestro planeta. Dentro del marco de la tectónica de placas, los geólogos han podido encontrar explicaciones para la distribución de los terremotos, los volcanes y los cinturones montañosos. Incluso ha facilitado la comprensión de la distribución de plantas y animales en el pasado geológico, así como la de importantes depósitos de minerales (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Aunque esta teoría aparece en el currículo para la enseñanza secundaria, no obstante, en la mayoría de las ocasiones se trabaja simplemente de una forma descriptiva. Sin embargo, debe tener un enfoque sistémico, integrándose con otros aspectos del currículo como el relieve terrestre, el cambio climático, las variaciones del nivel del mar, la distribución de rocas o las estructuras geológicas de origen tectónico (Alfaro, Alonso-Chaves, Fernández, & Gutiérrez-Alonso, 2013).

Uno de los obstáculos que se encuentran los estudiantes es el concepto de la “inmutabilidad terrestre”. Se trata de una perspectiva estática de la Tierra debida a la lentitud de la mayoría de los procesos geológicos, considerada desde la escala temporal humana. Se trata de una de las dificultades más importantes para el desarrollo de las interpretaciones sobre el origen de las rocas, la edad de la Tierra o el origen de las cordilleras (Pedrinaci, 1998).

Algunas concepciones erróneas que con frecuencia muestran los estudiantes en éste ámbito de la geología, según, Pedrinaci (1998) y Francek (2013) son las siguientes:

- Identifican placa litosférica con continente.
- Explican de modo similar la formación de cordilleras submarinas (dorsales) y cordilleras continentales (orógenos).

- En sus explicaciones sobre la formación de las cordilleras sobrevaloran los esfuerzos verticales en detrimento de los horizontales.
- La formación de las montañas es principalmente un proceso del pasado, más que actual o futuro.
- Confusión sobre la fuerza impulsora detrás de la tectónica de placas.
- Las placas solamente están formadas por corteza.
- Los continentes y las cuencas oceánicas se mueven tan lentamente que apenas se han desplazado después de cientos de años.

Recursos materiales:

- Fichas/ guías: Textos “pruebas de Wegener”, Textos “Biodiversidad y tectónica de placas”, guía preguntas biodiversidad y tectónica
- Modelos 3D placas tectónicas, globo de la superficie de la Tierra y mapas paleogeográficos
- Ordenador/ conexión a internet
- Material fungible

Web:

Plate motion calculator: http://ofgs.aori.u-tokyo.ac.jp/~okino/platecalc_new.html

Contenidos/criterios de evaluación/estándares de aprendizaje evaluables:

Bloque 2. La Dinámica de la Tierra		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>La historia de la Tierra.</p> <p>La tectónica de placas y sus manifestaciones: Evolución histórica: de la Deriva Continental a la Tectónica de Placas.</p>	1. Reconocer, recopilar y contrastar hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante.	1.1. Identifica y describe hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante, relacionándolos con los fenómenos que suceden en la actualidad.
	2. Registrar y reconstruir algunos de los cambios más notables de la historia de la Tierra, asociándolos con su situación actual.	2.1 Reconstruye algunos cambios notables en la Tierra, mediante la utilización de modelos temporales a escala y reconociendo las unidades temporales en la historia geológica.
	4. Categorizar e integrar los procesos geológicos más importantes de la historia de la tierra.	4.1 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.
	8. Reconocer las evidencias de la deriva continental y de la expansión del fondo oceánico.	8.1 Expresa algunas evidencias actuales de la deriva continental y la expansión del fondo oceánico.
	9. Interpretar algunos fenómenos geológicos asociados al movimiento de la litosfera y relacionarlos con su ubicación en mapas terrestres. Comprender los fenómenos naturales producidos en los contactos de las placas.	9.1 Conoce y explica razonadamente los movimientos relativos de las placas litosféricas. 9.2 Interpreta las consecuencias que tienen en el relieve los movimientos de las placas.
	10. Explicar el origen de las cordilleras, los arcos de islas y los orógenos térmicos.	10.1 Identifica las causas que originan los principales relieves terrestres.
	11. Contrastar los tipos de placas litosféricas asociando a los mismos movimientos y consecuencias.	11.1 Relaciona los movimientos de las placas con distintos procesos tectónicos.
	12. Analizar que el relieve, en su origen y evolución, es el resultado de la interacción entre los procesos geológicos internos y externos.	12.1 Interpreta la evolución del relieve bajo la influencia de la dinámica externa e interna.

Bloque 4. Proyecto de investigación		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Proyecto de investigación	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico.	1.1. Integra y aplica las destrezas propias de los métodos de la ciencia.
	2. Elaborar hipótesis, y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y argumentación.	2.1. Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.
	3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.	3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.
	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo.	4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.
	5. Presentar y defender en público el proyecto de investigación realizado.	5.2. Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.

Tarea 1. Antecedentes de la Tectónica de Placas

Para realizar una introducción del tema, se comenzará trabajando con las teorías aparecidas durante el S.XX relativas a la actividad interna de la Tierra. Se formarán 5 equipos, y a cada uno se les entregará un folio con una pequeña presentación del inicio de las teorías, extraído de la web Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.) y las pruebas en las que se basó Wegener para enunciar la Deriva Continental:

El alemán Alfred Wegener (1880-1930) fue quien propuso que los continentes en el pasado geológico estuvieron unidos en un supercontinente de nombre Pangea, que posteriormente se habría disgregado por deriva continental. Su libro *Entstehung der Kontinente und Ozeane* (La Formación de los Continente y Océanos; 1915) tuvo poco reconocimiento y fue criticado por falta de evidencia a favor de la deriva, por la ausencia de un mecanismo que la causara, y porque se pensaba que tal deriva era físicamente imposible.

Su teoría se basa en una serie de pruebas o argumentos:

- Pruebas morfológicas
- Pruebas biológicas/paleontológicas
- Pruebas geológicas
- Pruebas climáticas
- Pruebas geomagnéticas

A cada equipo se le entregará una de las pruebas. Y procederán a la búsqueda de información para definir esas pruebas en las que Wegener se basó para explicar la deriva continental. Buscarán también nuevas evidencias disponibles hoy en día y, como si de Wegener se tratase, recopilarán esos datos para defender con un debate, la teoría de la deriva continental. Con la estrategia de “cabezas numeradas” se realizará la corrección de sus averiguaciones.

Para continuar con las otras teorías se procederá con la técnica de aprendizaje cooperativo de “parada en 3 minutos”. Consistirá en la explicación por parte del docente de las teorías de las corrientes de convección de la Astenosfera, la expansión del fondo oceánico y la tectónica de placas, por orden cronológico en las que surgieron, alternándose con pequeñas paradas en las que los estudiantes deberán de escribir el vocabulario más significativo y elaborar tres preguntas. Al finalizar la explicación de cada una de las teorías deberán de realizar un dibujo esquemático de la misma. Finalmente, entre todos revisarán los dibujos realizados, y comentarán los posibles errores que hayan podido cometer.

Tarea 2. Movimiento de las placas

Ya se ha visto que las placas tectónicas se han movido a lo largo de la historia de la Tierra, pero en la actualidad también continúan haciéndolo. Los estudiantes trabajarán en los desplazamientos de las placas con la técnica de aprendizaje cooperativo “uno para todos”.

Se les presentará a los alumnos el mapa donde se localizan las principales placas tectónicas, aclarando que hay muchas más, pero son bastante más pequeñas, y que las placas, en la mayoría de los casos, están formadas por corteza continental y oceánica:

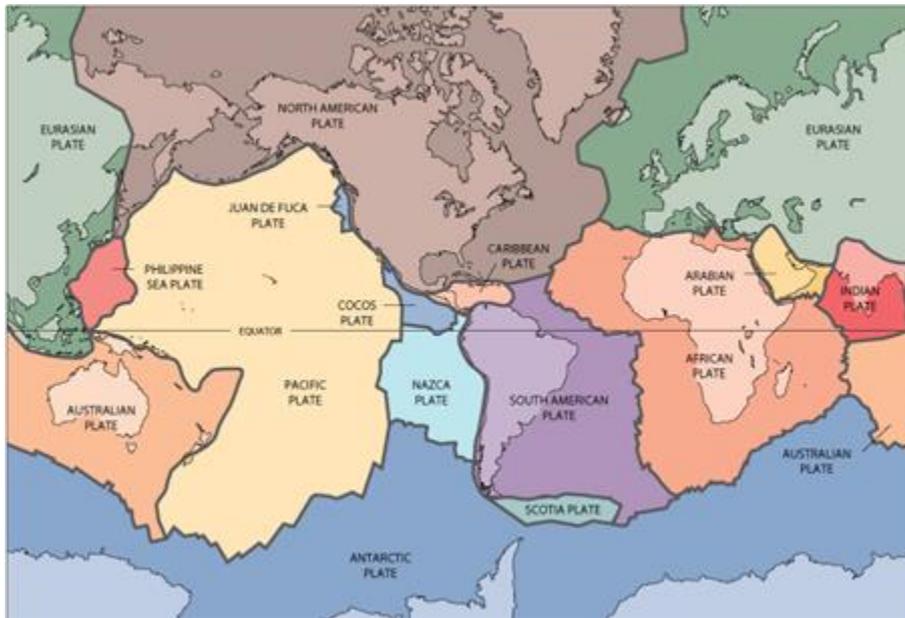


Fig. 17. Mapa placas tectónicas. Imagen extraída de: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/slabs.html>

Una vez visto el mapa y conocido el nombre de las placas se adjudicará a cada grupo una de ellas, y podrán tocarlas con el material impreso 3D (Fig. 18 y 19), y el modelo de la superficie de la Tierra (Fig. 20) en 3D para averiguar dónde se localizarían los bordes de las placas.



Fig. 18. Placa norteamericana impresa en 3D. Fuente: elaboración propia.



Fig. 19. Placa euroasiática impresa en 3D. Fuente: elaboración propia

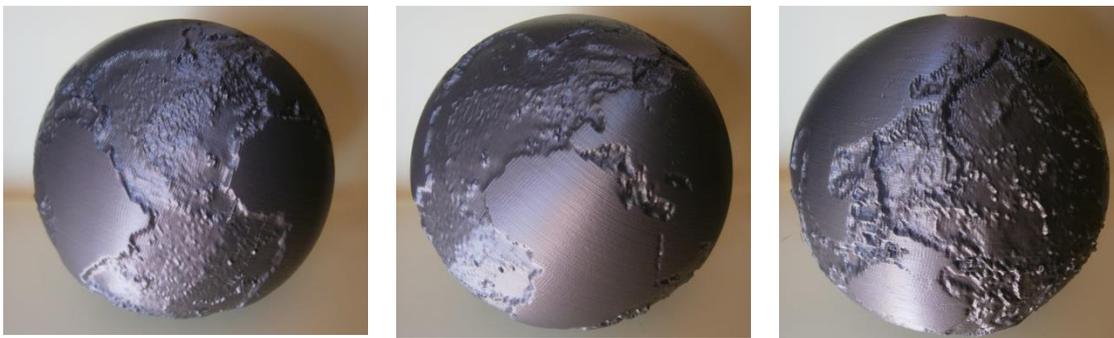


Fig. 20. Superficie de la Tierra donde se puede reconocer las dorsales y fosas oceánicas.

El recurso TIC de Plate Motion Calculator (Bird, 2003) nos permite calcular la dirección de movimiento relativo y absoluto de las placas actuales y la velocidad en cualquier punto de la Tierra. Con el reparto de cada placa los estudiantes buscarán los datos de latitud y longitud que ellos estimen que pertenezca a su placa y calcularán la velocidad con respecto a otra. El docente explicará que quieren decir los resultados que ofrece la página y los estudiantes recogerán todos los datos que han necesitado y los resultados que han obtenido en una tabla, y contestarán a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el nombre de la placa tectónica?
- ¿Cuáles son los datos de latitud y longitud que he utilizado para el cálculo?
- ¿A qué velocidad se desplaza? ¿Con qué podemos comparar esa velocidad de movimiento, de forma que nos resulte más cercana?
- ¿En qué dirección se desplaza la placa?
- Si nos situamos mirando a la dirección de movimiento, ¿Que pasa en el límite de placa que tenemos delante?
- ¿Y en el límite que tenemos detrás?

Para acabar la tarea los equipos expondrán y contrastarán sus resultados con el resto de grupos, que habrán trabajado sobre otras placas.

Se puede realizar una pregunta opcional para todos los estudiantes en general:

- ¿Cómo podemos saber que las placas se están moviendo?

Tarea 3. Límites de placas

Para poder explicar la evolución de los relieves a causa de la actividad asociada a la tectónica de placas, los estudiantes, por equipos, construirán diferentes modelos de límites de placas con materiales diversos (plastilina, plástico, esponja, estropajo...), con objeto de que presente distintas texturas y que los compañeros con deficiencia visual puedan tocar y sentir cómo son los tres tipos de límites existentes: convergente, divergente y transformante. También se les entregará un modelo de subducción simplificado, con rótulos en braille.

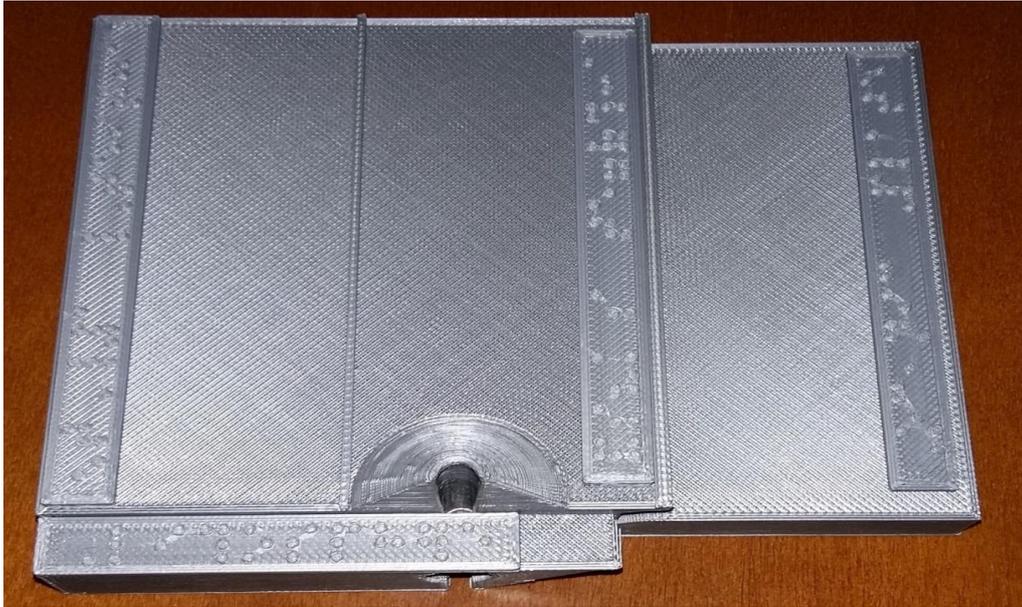


Fig. 21. Modelo de subducción impreso en 3D con información en Braille. Fuente: elaboración propia.

Este material se acompañará de información acerca de los tipos de límite, explicando qué le ocurre a cada una de las placa, cuáles son los tipos de corteza implicados, la dirección de movimiento de las placas, si pueden presentar material sedimentario o material magmático, dónde se localiza en la superficie terrestre, etc.

Tarea 4. Formación del relieve

El concepto de relieve se ha atribuido normalmente a factores climáticos, y se ha considerado que depende casi exclusivamente de las características más superficiales de la Tierra (Alfaro, 2013). Con esta tarea se pretende hacer ver a los estudiantes que la tectónica tiene un papel primordial en los grandes relieves del planeta.

Se presentarán distintas formaciones geológicas que están relacionadas con la actividad de la tectónica de placas, como por ejemplo: Islandia (dorsal), Mar rojo (Cuenca oceánica), Japón (Arco de Isla), Los Andes (cadena montañosa y fosa), Himalaya (orógeno de colisión), falla San Andrés, límite placa euroasiática-africana, Hawaii (volcanes intraplacas-punto caliente), etc. El docente describirá y explicará la génesis de estas unidades de relieve.



Fig. 22. Dorsal Atlántica, paso por Islandia impresa en 3D. Fuente: elaboración propia.



Fig. 23. Límite placa euroasiática-africana impresa en 3D. Fuente: elaboración propia.

Por grupos y con los modelos 3D de cada uno de los ejemplos buscarán más información y realizarán una diapositiva en la que resuman los datos que han recopilado y la información que hayan buscado, la localización en un mapa de esas formaciones geológicas e imágenes que lo ilustren. El alumnado con discapacidad podrá reconocer cómo es el relieve de cada una de esas formaciones geológicas con los modelos 3D impresos.

Tarea 5. Biodiversidad y tectónica de placas

En esta tarea se relacionarán algunos eventos de biodiversidad y extinciones acaecidos durante la historia de la Tierra, y relacionarlos con los procesos tectónicos explicando la situación geológica en esos periodos, resaltando la importancia de la distribución de los continentes. Para empezar se utilizará la técnica cooperativa denominada “Los cuatro sabios”, aunque en este caso habrá cinco, ya que tenemos cinco temas en los que trabajar. Cada sabio tendrá el mapa de la reconstrucción paleogeográfica, ver figuras 24-29, para explicar su evento correspondiente, además del material didáctico impreso en 3D con braille de los mismos. Con la herramienta de “Lápices al centro” irán sintetizando la información que consideren más importante cuando termine cada tema, ayudándose de una serie de preguntas que les servirán como guía.

- ¿En qué periodo o periodos tiene lugar?
- ¿Cuál es la fauna y flora dominante?
- ¿Cuál era la distribución de los continentes?
- ¿Había algún supercontinente? ¿Cómo se llamaba?
- ¿Se produjo alguna extinción en ese periodo?
- ¿A qué se debió esa extinción?
- ¿Se produjeron movimientos de los continentes? ¿Cómo fueron?

Los temas y los textos modificados de los cinco sabios están extraídos del monográfico de Jiménez-Sánchez (2010). Son:

- La extinción de la Biota de Ediacara
- Explosión Cámbrica
- Eventos de biodiversidad y extinción del Ordovícico Superior
- El salto de la vida a la tierra
- El Gran Intercambio Biótico Americano

1^{er} Sabio: La extinción de la Biota Ediacara

A finales del Proterozoico, hace 600-580 Ma, se desarrolló sobre la Tierra una fauna con una organización intermedia entre los Proterozoos y los Metazoos, que reciben el nombre de Vendozoos, también conocida como Biota de Ediacara (aparición de primeros organismos pluricelulares). Estos organismos surgieron en un periodo de la historia de la Tierra en el que tuvieron lugar importantes cambios geoquímicos en la atmósfera. Paleogeográficamente la última etapa del Proterozoico se caracteriza por la presencia de un supercontinente llamado

Rodinia, rodeado por el gran océano de Pantalasa, que ocupó las latitudes bajas y medias de los hemisferios norte y sur (Fig. 24). La Biota de Ediacara colonizó los mares epicontinentales y someros de Rodinia en latitudes medias durante aproximadamente 20 Ma, desapareciendo cerca del límite Proterozoico-Fanerozoico. La extinción de la Biota de Ediacara supuso el primer evento de extinción conocido. La comunidad científica está de acuerdo en señalar como responsable de la misma a la glaciación Varangiense, ya que los descensos del nivel del mar dejan las plataformas continentales expuestas disminuyendo, por tanto, el área potencialmente colonizable. Pero al mismo tiempo que se desarrollaba la glaciación Varangiense el supercontinente de Rodinia comenzó a fracturarse y parece que este hecho pudo contribuir a la desaparición de estos organismos, porque cambió los patrones de circulación y sedimentación marina.

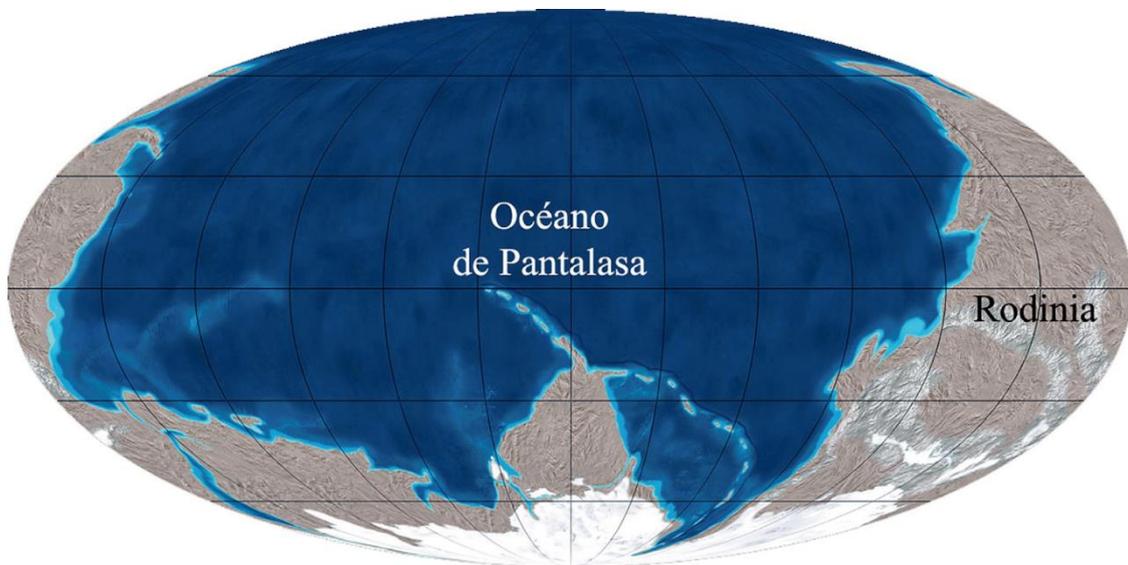


Fig.24. Reconstrucción paleogeográfica del Proterozoico Superior (600 Ma). Fuente: Fuente: Blakey, R., NAU Geology.

<http://jan.ucc.nau.edu/~rjb7/mollglobe.html>

2º Sabio: Explosión Cámbrica

El Cámbrico (542-488 Ma) fue el periodo geológico en el que se desarrollaron los verdaderos metazoos y en el que aparecieron los primeros organismos con esqueleto. Estos esqueletos fueron principalmente fosfáticos, seguidos de los de naturaleza calcítica. Esta “explosión” de la vida en el Cámbrico pudo ser debida a la creación de nuevas plataformas continentales como consecuencia de la fragmentación de Rodinia (Fig. 25). Además, la elevada actividad magmática que provocó la rotura de este supercontinente ayudó a cambiar las condiciones frías anteriores a otras más cálidas y favorables para la vida debido a la expulsión de grandes cantidades de CO₂ y vapor de agua a la atmósfera. La rápida distribución mundial de estas nuevas formas se vio favorecida por la poca profundidad de las aguas y la cercanía

de las diferentes plataformas continentales y por un nuevo patrón de circulación oceánica, consecuencia directa de la fragmentación de Rodinia.

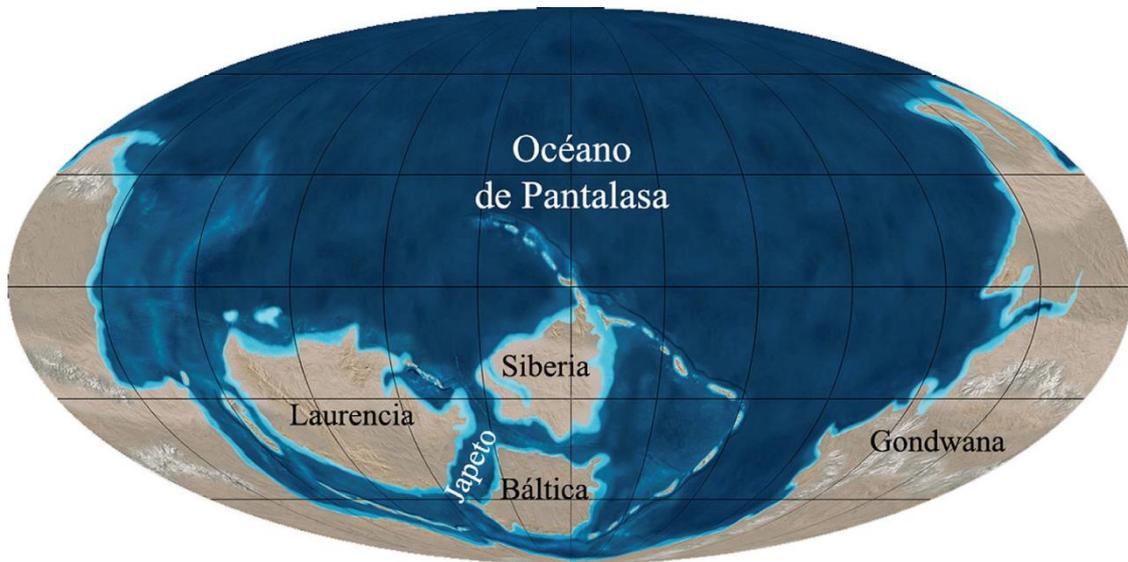


Fig.25. Reconstrucción paleogeográfica del Cámbrico Inferior (540 Ma). Fuente: Fuente: Blakey, R., NAU Geology.

<http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/mollglobe.html>

3^{er} Sabio: Eventos de biodiversidad y extinción del Ordovícico Superior

Durante el Ordovícico (488-442 Ma) casi la totalidad de las tierras emergidas estaban situadas en el hemisferio sur, con un gran supercontinente, llamado Gondwana, situado sobre el polo sur, extendiéndose hasta latitudes bajas, y otros paleocontinentes (Avalonia, Báltica, Laurentia y Siberia) (Fig. 26). En esta situación paleogeográfica a comienzo del Ordovícico Superior (455-445 Ma) se produjo uno de los eventos de biodiversificación más importantes conocidos hasta el momento, al que siguió en muy poco tiempo (sólo unos millones de años) la glaciación finiordovícica, que fue en gran medida la responsable de la extinción de finales del Ordovícico, una de las tres extinciones mayores conocidas, donde desaparecieron más del 85% de las especies y el 61% de los géneros. Una de las causas del gran aumento en la biodiversidad que tuvo lugar durante el Ordovícico Superior puede encontrarse en la presencia de un gran punto caliente durante el Ordovícico Medio. Este gran punto caliente arrojaría gran cantidad de CO₂ a los océanos y a la atmósfera y provocaría un ascenso del nivel del mar como consecuencia del aporte de roca a los océanos. La elevada concentración de CO₂ en los océanos pudo ser el principal responsable del desarrollo de nuevos organismos carbonatados, desarrollo que se vio muy favorecido por el aumento de las plataformas continentales como consecuencia del ascenso del nivel del mar. Pero estos mismos organismos pudieron desempeñar un papel muy importante en el desarrollo de la glaciación

Hirnantense, debido a su capacidad de captar CO₂, y ser los responsables primarios de su propia extinción.

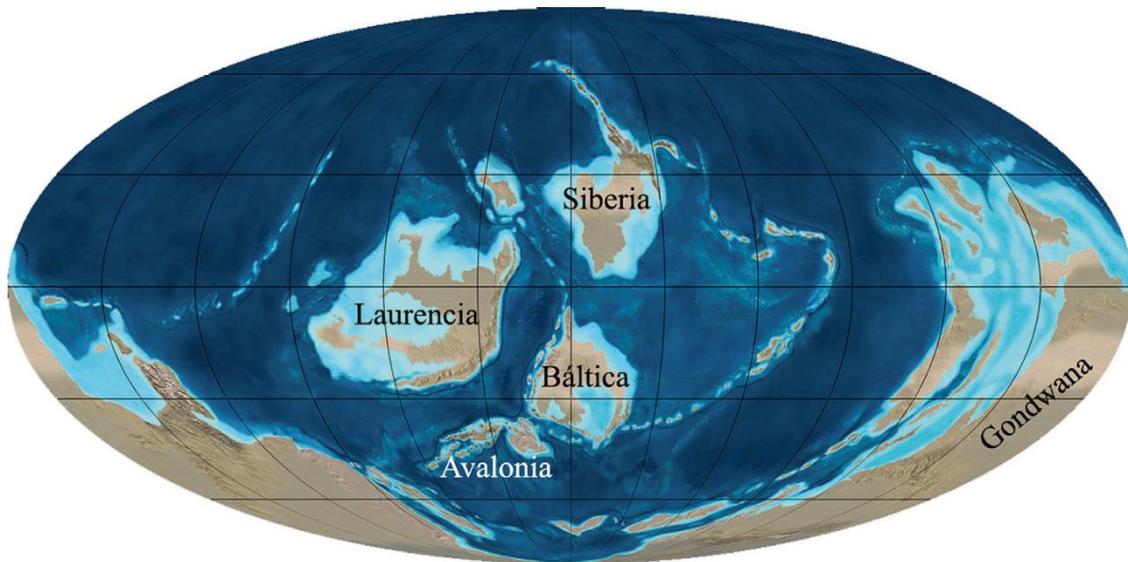


Fig. 26. Reconstrucción paleogeográfica del Ordovícico Superior (450 Ma). Fuente: Blakey, R., NAU Geology.

<http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/mollglobe.html>

4º Sabio: El salto de la vida a la tierra

El Devónico (416-359 Ma) es el periodo geológico en el que los organismos invertebrados y vertebrados colonizaron las aguas salobres y dulces de los continentes y las primeras plantas, insectos, arañas y escorpiones. En el Ordovícico (488-442 Ma) los paleocontinentes de Avalonia y Báltica comenzaron un acercamiento que concluyó a finales de este periodo. Durante el Silúrico estos dos continentes, ya unidos, se fueron acercando al paleocontinente de Laurentia, hasta chocar con él en el Silúrico Superior. La unión de Avalonia-Báltica con Laurentia cerró el antiguo océano Japeto, que separaba Laurentia de Báltica, y dio lugar a la gran cordillera Caledónica de más de 4000 km de longitud (Fig. 27 y 28). La erosión de este sistema montañoso originó los depósitos que hoy conocemos como Old Red Sandstone. Se depositaron en latitudes ecuatoriales y dieron lugar a extensos sistemas aluviales, zonas pantanosas y deltas. Las condiciones climáticas cálidas, junto con la aparición de nuevas condiciones ambientales terrestres y la competencia en los medios marinos, pudo ser el detonante del salto definitivo de la vida a tierra firme. El Devónico se cerraría con otro evento de extinción que afectó principalmente a los organismos marinos de latitudes ecuatoriales-tropicales, que fueron sustituidos por los de latitudes más altas. Extinciones muy importantes fueron las que se produjeron en el límite Pérmico-Triásico (251 Ma) (la más grande ocurrida en la Tierra hasta ahora) y en el límite Cretácico-Paleoceno (65,5 Ma), que

terminó con la existencia de los organismos más grandes desarrollados sobre tierra firme: los dinosaurios.

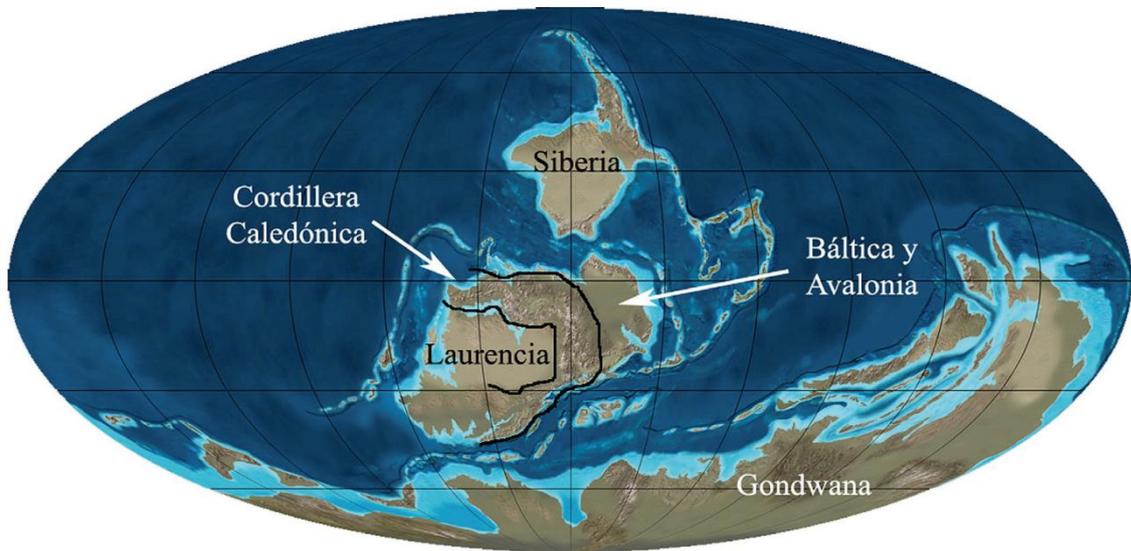


Fig. 27. Reconstrucción paleogeográfica del Devónico Inferior (400 Ma). Fuente: Blakey,R., NAU Geology.

<http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/mollglobe.html>.



Fig 28. Modelo 3D reconstrucción paleogeográfica del Devónico Inferior con información en braille. Fuente: elaboración propia.

5º Sabio: El Gran Intercambio Biótico Americano

El Gran Intercambio Americano ("GABI" Great American Biotic Interchange) es el nombre que recibe el intercambio faunístico que tuvo lugar entre América del Norte y América del Sur en el Plioceno (3 Ma). El intercambio se realizó a través del Istmo de Panamá, que unió lo

que hasta entonces habían sido dos masas terrestres aisladas (Fig. 29). Afectó sobre todo a los mamíferos, pero también tuvo repercusión sobre las aves, los artrópodos, los reptiles, e incluso sobre los peces de agua dulce. Desde América del Norte migraron hacia América del Sur grandes mamíferos como las llamas, los venados, los caballos, los pumas, los dientes de sable y los osos, así como algunos roedores. Y desde América del Sur hacia América del Norte migraron grupos tan curiosos como los perezosos terrestres o las aves del terror. Parece ser que la migración inicial entre los dos continentes afectó a un número similar de especies, pero éstas no tuvieron el mismo éxito ni en cuanto a la capacidad de sobrevivir ni a la diversidad que alcanzaron. Las especies procedentes de América del Norte tuvieron una gran capacidad de adaptación a los nuevos nichos ecológicos que encontraron en América del Sur, perpetuándose y diversificándose en este territorio. Pero este hecho no fue recíproco; las especies que, procedentes de América del Sur, cruzaron el Istmo de Panamá y pasaron a América del Norte, tuvieron grandes dificultades para sobrevivir y las que lo consiguieron no fueron capaces de diversificarse. Pudo deberse fundamentalmente a dos factores. El primero de ellos está relacionado con el clima. Un enfriamiento climático producido a finales del Plioceno (3 Ma), junto con la gran elevación de los Andes en aquel periodo. Esto provocó que los bosques tropicales quedaran restringidos a la zona más ecuatorial de Sudamérica, mientras que en el resto del continente dominaba el clima de sabana y bosque disperso. El segundo factor está relacionado con la mayor preparación que tuvo la fauna de América del Norte para competir por los mismos nichos ecológicos y adaptarse a otros nuevos, consecuencia de los intercambios faunísticos previos con Eurasia. Sin embargo, la fauna de América del Sur había permanecido aislada desde que Sudamérica se separó de Gondwana a finales del Cretácico Inferior hace 120 Ma, desarrollándose sin entrar en competencia con otra fauna invasora. Pero pudo haber una tercera causa para este desequilibrio adaptativo y radicaría en la falta de grandes carnívoros en América del Sur y su presencia en América del norte. Este hecho desfavorece claramente a la fauna procedente del sur.

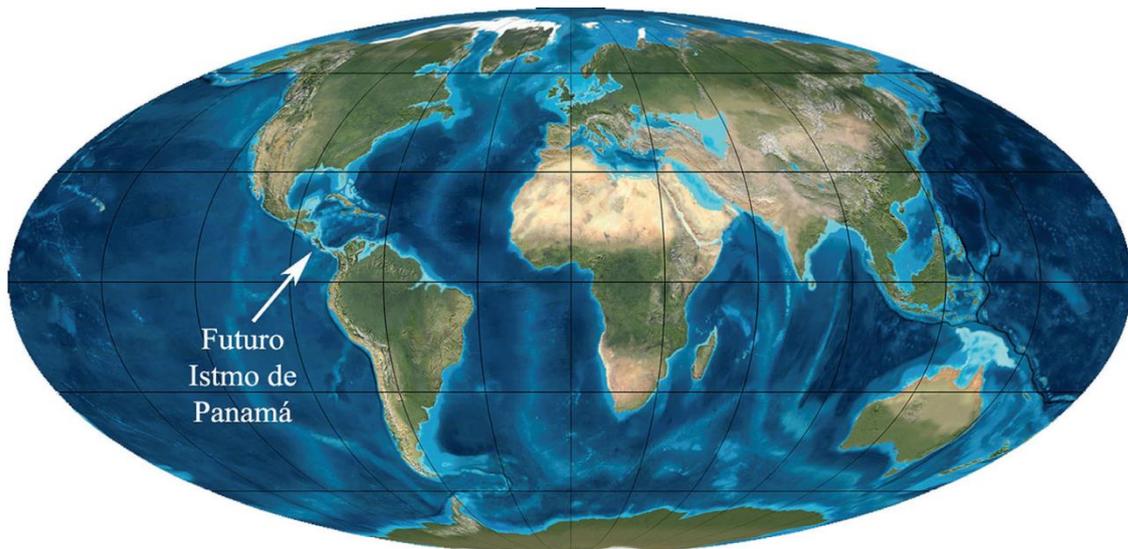


Fig. 29. Reconstrucción paleogeográfica del Mioceno (20 Ma), época anterior al Plioceno (3 Ma), con el Istmo de Panamá aún sin cerrar. Fuente: Blakey, R., NAU Geology. <http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/mollglobe.html>.

Tras la realización de esta primera parte de la tarea, y con objeto de ampliar la información aportado por los textos, se realizará el visionado del documental “La formación del planeta Tierra, desde su nacimiento hasta hoy” (National Geographic, s.f.). Los estudiantes deberán estar atentos para localizar los datos que corresponden al periodo que han analizado, y que les permitirá ampliarlos.

Y para terminar cada grupo realizará un mural con uno de los cinco temas expuestos anteriormente, unificando la información de los textos con la información extraída del documental y con la explicación de la evolución del mapa paleogeográfico.

Competencias:

- 1) La competencia en comunicación lingüística se desarrolla mediante la lectura de los textos y la extracción de información de los mismos para su posterior explicación a través de diferentes formatos como diapositivas o murales. Además, se pretende ayudar a desarrollar las destrezas comunicativas mediante la realización del debate, en el que han de argumentar justificadamente sus posturas.
- 2) La competencia matemática y competencias básicas de en ciencia y tecnología se trabaja en la lectura e interpretación de los mapas, en la elaboración de material para explicar la localización de los bordes de placas y en el trabajo de los “Cinco Sabios”, mediante el que tienen que aplicar lo aprendido respecto al tiempo geológico, relacionar la biodiversidad con numerosos eventos de la Tierra, asimilar la información y transmitirla al resto de la clase. Además, se han de aproximar a la metodología del trabajo científico mediante la profundización en el trabajo de Wegener.
- 3) La competencia digital se desarrolla mediante la búsqueda de información de las pruebas que apoyan la teoría de la Tectónica de Placas (la de Wegener y las más recientes), para lo cual necesitarán evaluar la validez de esos contenidos. También se hace uso de la herramienta web “Plate Motion Calculator”, con la que podrán obtener resultados rápidos acerca del movimiento de las placas.
- 4) Competencia aprender a aprender: Como se ha ido comentando a lo largo de las otras actividades, el trabajo cooperativo es muy útil para desarrollar esta competencia. Y la estrategia de “parada en tres minutos” conduce al estudiante a ajustar los tiempos y demandas de las tareas.
- 5) Con respecto a las competencias sociales y cívicas, el trabajo en equipo refuerza la capacidad de comunicarse de una manera constructiva y tolerante, siendo capaz de comprender y expresar diferentes puntos de vista. Además, las tareas exigen la colaboración entre los estudiantes, incluyendo a los que tengan alguna deficiencia visual.

ACTIVIDAD 5: ESTRATIGRAFÍA, CORTES GEOLÓGICOS Y TOPOGRAFÍA

Curso: 4º ESO

Temporalización: 5-6 sesiones

Fundamentación:

Es común utilizar en estratigrafía la comparación de las rocas sedimentarias con las páginas de un libro, en la que se encuentra escrita la historia de la Tierra. Por ello, podemos esquematizar el trabajo de los estratígrafos y sedimentólogos de la siguiente manera: el primero clasifica y ordena las escasas páginas conservadas en sus libros correspondientes, como si de bibliotecarios se tratasen, y los segundos harían la labor de traductores e intérpretes para la comprensión de dicha escritura (Aurell y Bádenas, 1997). Sería bastante fácil si todos los registros fueran tan completos como el Gran Cañón del Colorado, ya que sólo bastaría con leer los estratos que se encuentran tan bien preservados pero, normalmente, esta lectura es muy confusa y complicada debido a las consecuencias de una serie de factores o limitaciones que describen Aurell y Bádenas (1997):

- El libro está incompleto, es común no encontrar muchas de las páginas.
- A consecuencia del paso del tiempo, esa escritura está emborronada.
- Las páginas del libro están dispersas y desordenadas
- El libro está escrito en un lenguaje extranjero

Saber manejar y comprender este gran libro de la historia de la Tierra es muy complicado para los estudiantes de educación secundaria, ya que requiere un largo y amplio aprendizaje. No obstante, sí que se puede acercar a los estudiantes a esta rama de la geología para que descifren y distingan algunas de esas “huellas” que la historia ha dejado escrita (Sequeiros, Pedrinaci y Berjillos, 1996). Simplemente hay que observar las rocas desde la perspectivas de que son “archivos históricos que contienen información sobre las condiciones en que se formaron y las alteraciones posteriores que han experimentado” (Sequeiros y Pedrinaci, 1992). Para poder interpretar los registros geológicos y aprender a reconstruir su historia, nos basaremos en el conocimiento de las teorías, principios y métodos de trabajo.

Podemos destacar un par de ideas previas descritas por Francek (2013) referente al uniformismo:

- El uniformismo afirma que las velocidades de los procesos han sido constantes.
- Sólo han actuado procesos graduales y las catástrofes no han ocurrido durante el pasado de la Tierra.

Otros errores conceptuales remarcados por el mismo autor que concierne a esta área de la geología son:

- La sedimentación geológica se produce con una tasa uniforme o lineal.
- El color indica la edad de la roca.
- Las rocas que son más quebradizas son más antiguas.
- Todas las montañas que existen en la actualidad se formaron cuando la Tierra se formó.
- En la Tierra nada ha cambiado (ideas fijistas), entre otras cosas porque no ven la formación de montañas, erosión, etc.
- Las ideas catastrofistas como únicas causas de los posibles cambios ocurridos en el planeta (por ejemplo la del diluvio universal).

Los mapas geológicos son un instrumento que permite comprender las dimensiones espacio-temporales de los procesos geológicos, que son los responsables de esa organización de los materiales y de las estructuras geológicas. Esto exige al alumnado una reorganización mental de la concepción de nuestro planeta, de su estructura más superficial y de la dinámica que ha generado esa disposición, lo que enseña a pensar en tres dimensiones.

La técnica más recurrente es el uso del mapa topográfico para realizar cortes e interpretar el perfil de las formas del relieve más características (valles fluviales, glaciares, u otras). Este procedimiento implica el conocimiento del concepto de curva de nivel, que resulta muy abstracto y difícil de asimilar en el alumnado de la ESO (Pérez Grijalbo, 2000).

Recursos materiales:

- Material fungible
- Regla.
- Papel milimetrado
- Cartulinas grandes
- Mapas topográficos de las Sierras (Tarea 3)

-Fichas/ Guías: texto “fundadores de la geología, secuencias de cortes geológicos, preguntas “otras sierras de Granada”, preguntas “modificación del relieve”

-Ordenador/ conexión a internet.

-Modelos 3D Sierras de Granada (Tarea 3: Sierra Arana, Sierra de Baza, Sierra de la Sagra, Sierra de Parapanda), modelo de la falla de Nigüelas (Tarea 4) y modelos de relieves (Tarea 5)

Web:

Descarga de Google Earth: <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

Google Earth para un perfil topográfico:

<https://www.youtube.com/watch?v=pGtXxjXcog>

Mapa Geológico Continuo de España 1/50.000 (IGME, s.f.):

http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx#IGME_MAGNA_50

Contenidos/criterios de evaluación/estándares de aprendizaje evaluables:

Bloque 2. La Dinámica de la Tierra		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
La historia de la Tierra. Principios y procedimientos que permiten reconstruir su historia. Utilización del actualismo como método de interpretación.	1. Reconocer, recopilar y contrastar hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante.	1.1. Identifica y describe hechos que muestren a la Tierra como un planeta cambiante, relacionándolos con los fenómenos que suceden en la actualidad.
	3. Interpretar cortes geológicos sencillos y perfiles topográficos como procedimiento para el estudio de una zona o terreno.	3.1. Interpreta un mapa topográfico y hace perfiles topográficos. 3.2. Resuelve problemas simples de datación relativa, aplicando los principios de superposición de estratos, superposición de procesos y correlación.
	12. Analizar que el relieve, en su origen y evolución, es el resultado de la interacción entre los procesos geológicos internos y externos. ⁵	12.1. Interpreta la evolución del relieve bajo la influencia de la dinámica externa e interna. ⁵
Bloque 4. Proyecto de investigación		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Proyecto de investigación	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico.	1.1. Integra y aplica las destrezas propias de los métodos de la ciencia.
	2. Elaborar hipótesis, y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y argumentación.	2.1. Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.
	3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.	3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.
	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo.	4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.

⁵ El estándar de aprendizaje evaluable del RD se refiere a ambas dinámicas de la tierra la externa y la interna. Sin embargo en esta actividad solo se trabaja con la dinámica externa.

	5. Presentar y defender en público el proyecto de investigación realizado.	5.2. Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.
--	--	---

Tarea 1. Fundadores de la Geología.

La Geología no es una ciencia exacta, y es muy común tener varias hipótesis para explicar un mismo problema. Esta tarea pretende que los alumnos reflexionen y conozcan la historia científica que hay detrás del temario de esta asignatura.

Se les presentará un texto que se leerá en voz alta y se harán las paradas pertinentes para que el profesor exponga las preguntas, que el alumnado deberá responder por parejas mediante la técnica cooperativa de “parejas de detectives”. El texto está sacado y en algunos casos modificado del libro de Vera Torres (1994).

“Si se quiere conocer a los verdaderos fundadores de la Geología hay que intentar conocer la obra de diferentes autores. En muchos casos, sus ideas constituyeron en su tiempo una ruptura brusca con las ideas previas arrastradas desde la Edad Media, entre las que destacaba la creencia, basada en interpretaciones de la Biblia, de que la Tierra tenía una antigüedad de tan solo algunos miles de años, lo que condiciona extraordinariamente cualquier interpretación de los fenómenos geológicos antiguos.”

- ¿Qué edad tiene la Tierra?
- ¿Cómo se ha llegado a conocer ese dato? (Datación absoluta o datación relativa)

“*Nicolaus Steno (1638-1686)*: fue el primero en definir un estrato como unidad de tiempo de depósito limitado por superficies horizontales con continuidad lateral, dicho de otro modo, es un nivel de roca o sedimento que se depositó en un intervalo de tiempo concreto y que queda delimitado por superficies originadas por cambios en la sedimentación, por interrupciones sedimentarias o por ambos factores a la vez. Planteó el “principio de superposición”, según el cual, en una sucesión de estratos, los más bajos son los más antiguos y los más altos son los más modernos, lo que permite ordenar cronológicamente a los materiales. También desarrolló otras dos ideas fundamentales: la primera es que los estratos se depositaron originalmente como horizontales y la otra que las superficies de estratificación son y han sido lateralmente continuas, lo que constituye la base del “principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos””

- En una sucesión de estratos horizontales, ¿en qué situación se encuentra el estrato más moderno?
- Si en esa misma secuencia de estratos nos encontramos un plutón granítico que afecta a todos los estratos, ¿fue anterior o posterior?

- Si dos estratos están en prolongación uno al lado del otro, ¿tienen la misma edad aunque tengan facies (características litológicas y paleontológicas) diferentes? ¿Qué principio nos ayuda a entenderlo?

James Hutton (1726-1797): médico de formación aunque nunca ejerció la profesión, dedicado a la agricultura y “aficionado” a la Geología. Es considerado como el verdadero “fundador de la Geología moderna”. Sin embargo durante su vida sus ideas pasaron desapercibidas o fueron objeto de durísimas críticas ya que eran contradictorias a las ideas dominantes en la época y, además, estaban emitidas por una persona que no pertenecía a una Universidad de prestigio. La mayor aportación de Hutton consistió en su teoría del “uniformismo”, según la cual los procesos que han ocurrido en la historia de la Tierra han sido uniformes y semejantes a los actuales.

- ¿Podemos conocer el pasado terrestre?
- ¿Cómo podemos interpretarlo?
- ¿Los procesos geológicos que existieron en el pasado existen también hoy en día?

William Smith (1769-1839): a él se debe el levantamiento de los primeros mapas geológicos. También demostró que cada grupo de estratos contenía un tipo de fósiles y que una formación con litologías homogéneas se puede dividir en función del contenido en fósiles, planteando con ello las bases del “principio de correlación”.

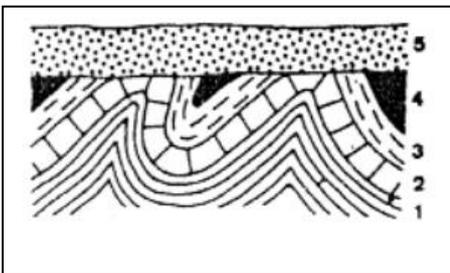
- Sabemos que los trilobites constituyen un fósil guía del Paleozoico, la roca en la que está incluido. ¿Se formó antes, a la vez que el fósil, o después?
- Si nos encontramos con un fósil de la misma especie en dos lugares diferentes de la Tierra, pero en diferentes materiales. ¿Podemos afirmar que son de la misma época?

Charles Lyell (1797-1875): nació el mismo año que murió Hutton. Desarrolló ampliamente la teoría huttoniana del “uniformismo” como sistema y del “actualismo” como método. Se ha querido simplificar la aportación de Lyell con su frase “*el presente es la llave del pasado*”. La publicación del famoso libro de Lyell trajo consigo la citada controversia catastrofistas-uniformistas que acabó hacia 1840 con la aceptación general de esta nueva filosofía, y propició un desarrollo espectacular de la Geología en los decenios siguientes.

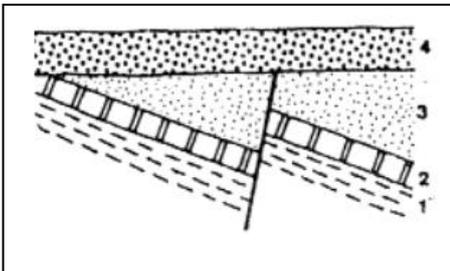
- ¿Qué diferencia hay entre catastrofismo y uniformismo?

Tarea 2. ¿Qué ocurrió primero?

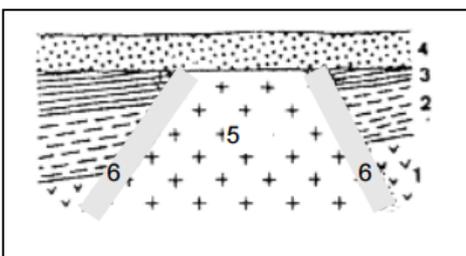
Para reflexionar sobre el orden en que suceden los acontecimientos geológicos de la Tierra, los estudiantes tendrán que interpretar cortes geológicos sencillos. Es necesario, para reconstruir la historia geológica, que apliquen los principios de superposición de estratos, interferencia estructural y sucesión fosilífera. Para ello se explicará en clase la secuencia de estratos con el principio de superposición de estratos, el principio de sucesión fosilífera, plegamientos, fallas y erosión. También tendrán la oportunidad de identificar algunos fenómenos tectónicos, como pliegues, fallas, material magmático, etc. Se empezará por un corte sencillo y se incrementará la dificultad en los sucesivos. El material para realizar esta tarea se ha tomado de la Práctica de Interpretación de cortes geológicos de IES Alpajés (s.f.):



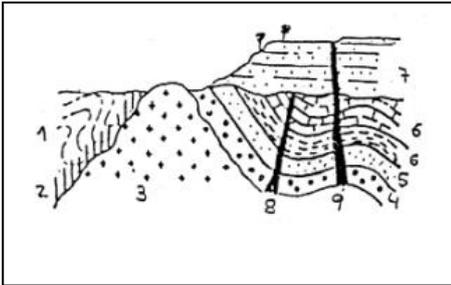
- Indica el orden de la secuencia de deposición de los estratos.
- ¿Por qué las capas que van desde la 1 a la 4 no están horizontales?
- ¿Qué proceso ha ocurrido entre la capa 4 y la capa 5?
- ¿El plegamiento es anterior o posterior al depósito de la capa 5?



- Indica el orden de la secuencia de deposición de los estratos.
- ¿Qué dos procesos han sufrido las capas 1 a 3? ¿En qué orden se han producido?
- Estos procesos, ¿son anteriores o posteriores a la formación de la capa 4?



- Indica la secuencia de deposición de los estratos.
- ¿Qué representa la estructura 5?
- ¿En qué momento se ha formado? (Indicar antes y después de qué capas)
- ¿Qué representan las bandas "6"?



Materiales:

- 1) Pizarras con trilobites (Paleozoico)
- 2) Esquistos
- 3) Granito
- 4) Conglomerados
- 5) Areniscas con dinosaurios (Mesozoico)
- 6) Margas y calizas con Ammonites (Mesozoico)
- 7) Areniscas con mamíferos (Cenozoico)
- 8) Basaltos
- 9) Aplitas

- a) Indica la secuencia de deposición de los estratos.
- b) ¿Cuál es el material más antiguo?
- c) ¿Qué fenómenos geológicos y tectónicos encuentras? Sitúalos respecto de las capas anteriores
- d) Reconstruye la historia geológica de la región.

Tarea 3. Las otras sierras de Granada

Sierra Nevada es la sierra por excelencia de la provincia de Granada. De hecho, es frecuente que si se pregunta por alguna sierra conocida, esa sea la respuesta predominante. Esta actividad pretende, mediante el trabajo con cortes topográficos, conocer la situación y relieve de otras sierras de la provincia. Nos centraremos en cuatro: Sierra Arana, Sierra de Baza, Sierra de la Sagra y Sierra de Parapanda.

El docente explicará la información que nos aporta un mapa topográfico y qué elementos se encuentran (curvas de nivel, curva maestra, equidistancia, escala, etc.), para que los estudiantes consigan realizar varios cortes topográficos de la sierra que le ha sido asignada. Cada equipo trabajará con una de ellas, se le facilitará un mapa topográfico a cada estudiante y todos los miembros del equipo realizarán los perfiles topográficos propuestos por el docente. Este es el ejemplo de la Sierra Arana (Harana):



Fig. 30. Mapa topográfico 1:30000, Sierra Arana. Fuente: elaboración propia

Una vez realizados los perfiles (líneas rojas), se les hará entrega del modelo de la sierra impreso en 3D, averiguarán por dónde pasan, en dicho modelo, los perfiles que han realizado y lo compararán. Los alumnos con discapacidad visual podrán reconocer los relieves de las Sierras, sentir donde se sitúa las cumbres más altas, donde se localizan los valles. Sus compañeros podrán guiar para que recorra por donde se localiza el perfil topográfico que han realizado. A continuación, con la técnica “lápices al centro”, realizarán las siguientes tareas y contestarán a las cuestiones planteadas:

- Busca información de la localización de la sierra.
- Averigua cuáles son los materiales principales de la sierra y la edad de dichos materiales.
- ¿Qué altura tienen los peñones o cerros más representativos del mapa?
- ¿Dónde encontramos la pendiente más abrupta?
- Cálculo de distancias. Por ejemplo : Calcular la distancia real desde el Peñón del Cuchillo al Cerro de la Tejera
- Señala por dónde pueden transcurrir corrientes de agua y dónde se puede producir sedimentación.



Fig. 31. Modelo 3D Sierra Arana. Fuente: elaboración propia

Tras realizar las preguntas, el equipo construirá un póster donde quede sintetizada la información trabajada y se expondrán los resultados al resto de los compañeros del aula. Se abrirá un debate para comentar los resultados de cada equipo. Estos pósteres luego se ubicarán en un lugar visible para el resto del centro.

Las otras sierras que se trabajan son las que se muestran en las páginas siguientes:

→ Sierra de Baza:

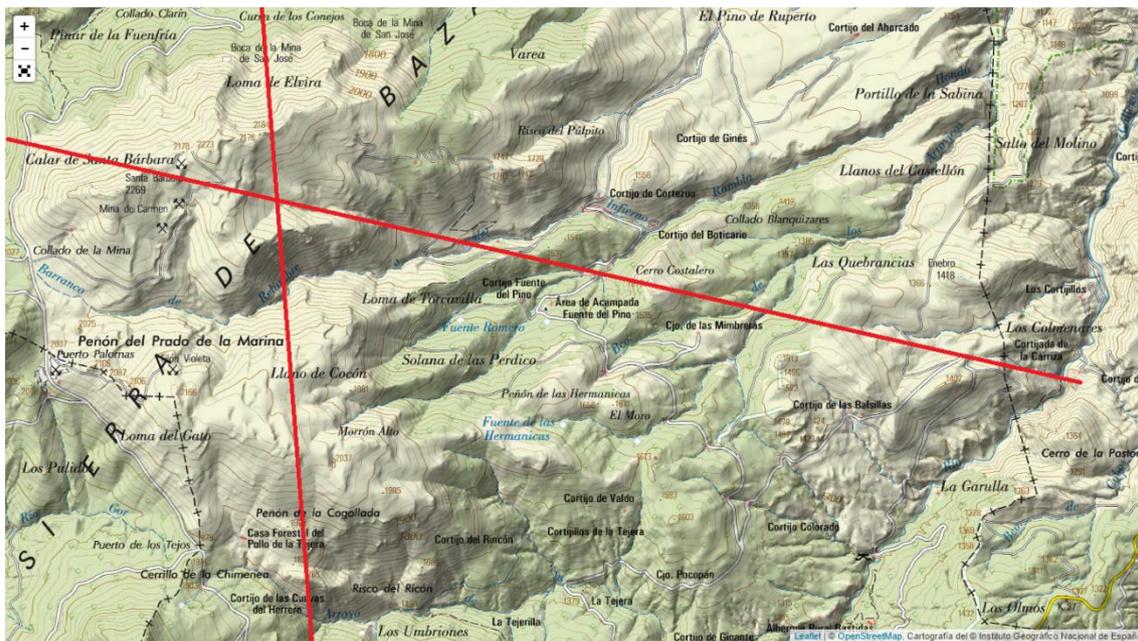


Fig. 32. Mapa topográfico 1:30000, Sierra Baza. Fuente: elaboración propia



Fig. 33. Modelo 3D Sierra de Baza. Fuente: elaboración propia

→ Sierra de la Sagra:

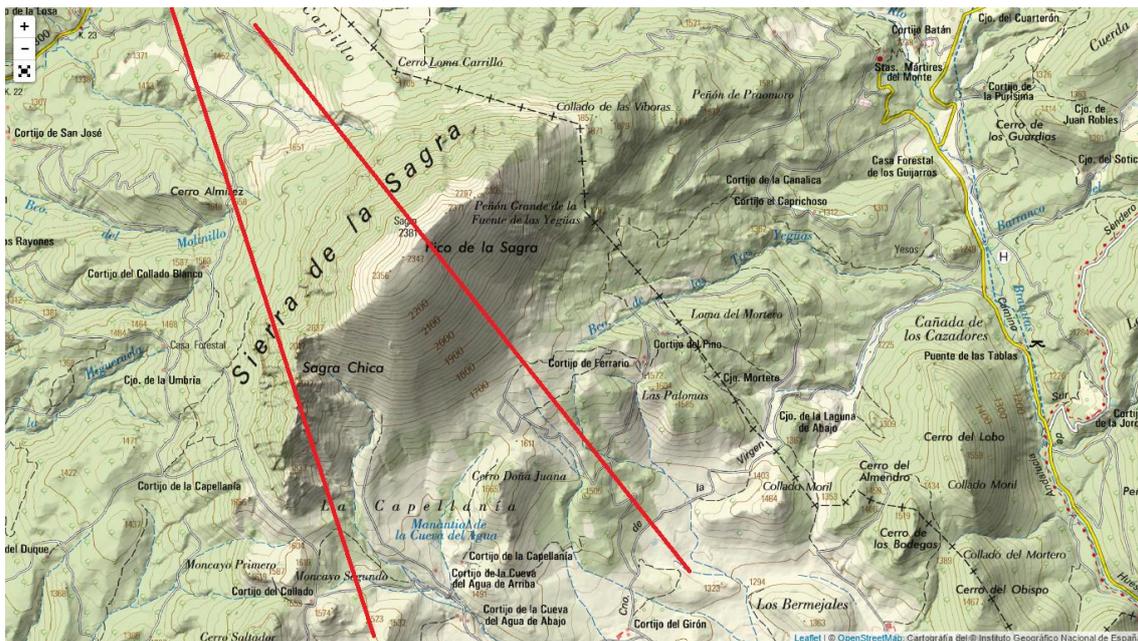


Fig. 34. Mapa topográfico 1:30000, Sierra de la Sagra. Fuente: elaboración propia



Fig. 35 Modelo 3D Sierra de la Sagra. Fuente: elaboración propia

Tarea 4. Ser geólogo desde las alturas.

Esta tarea consiste en que el alumnado indague y descubra que a través de la topografía puede intuir algunas formaciones sin ir al campo (aunque un buen trabajo sería posteriormente ir al lugar y contrastarlo).

Para empezar la tarea se les enseñará el modelo 3D de la zona donde se localiza la falla de Nigüelas, y con la estrategia de “cabezas numeradas” se elegirá un estudiante de cada equipo, que deberá de situar en el propio modelo 3D el lugar donde piensan que se localiza, explicando en qué se han basado, para que todos los estudiantes conozcan las hipótesis de sus compañeros.



Fig. 38. Modelo 3D Zona Falla de Nigüelas. Fuente: elaboración propia

Seguidamente con el programa Google Earth buscarán “Nigüelas” y realizarán un perfil topográfico. Volverán a intentar averiguar dónde localizarían la falla, pero ahora con la ayuda del perfil topográfico (perfil de elevación) y la foto aérea. La secuencia para realizar el corte de elevación se explica en Ortega Valenzuela (2012). Una vez que los estudiantes hayan realizado el corte topográfico, realizarán una captura de pantalla y trabajarán con un editor de imágenes (Paint o GIMP) para localizarla.

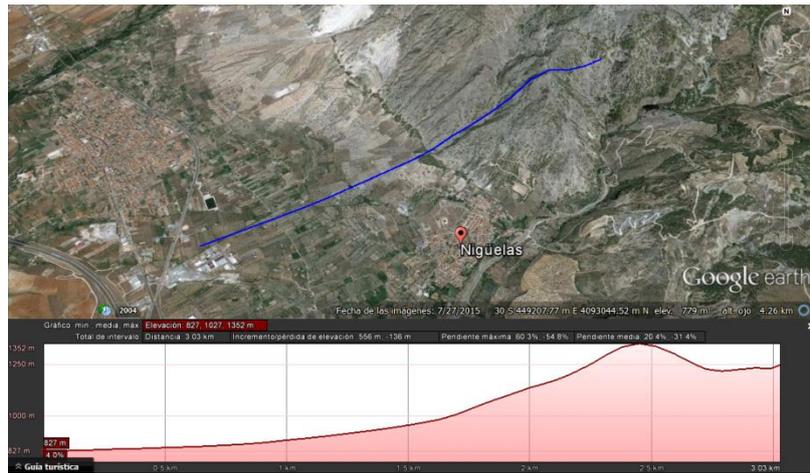


Fig. 39. Fotografía aérea y perfil de elevación zona de Nigüelas. Fuente: elaboración propia

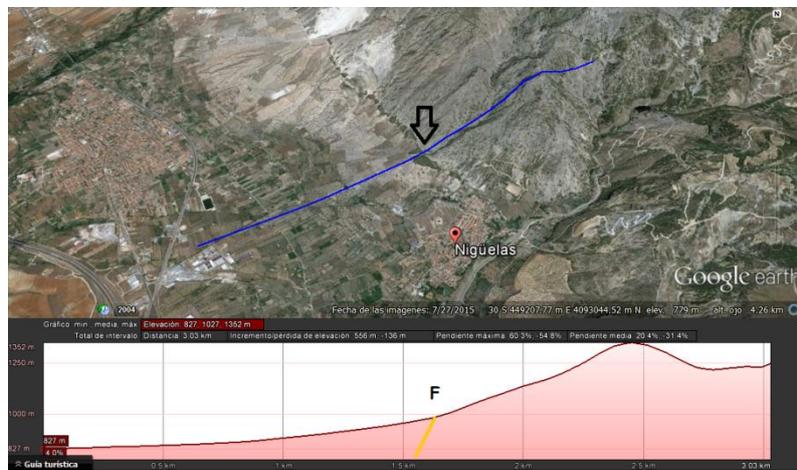


Fig. 40. Fotografía aérea y perfil de elevación zona de Nigüelas, con la localización de la falla. Fuente: elaboración propia

Para que los estudiantes puedan comprobar sus aciertos y errores, se facilitará la cartografía geológica del lugar donde aparece la falla (IGME, s.f.).

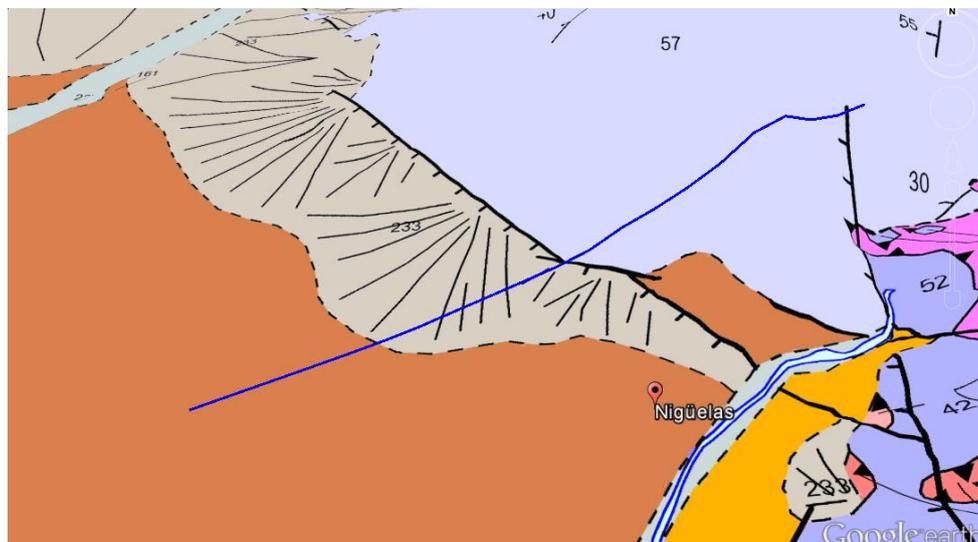


Fig. 41. Mapa Google Earth y cartografía del IGME. Fuente: elaboración propia.

Una vez que han comprobado sus respuestas, el docente explicará, con el mapa de la cartografía geológica, los diferentes símbolos que muestra este tipo de representaciones (fallas normales, buzamientos, contactos entre materiales discordantes, símbolo de los abanicos aluviales, etc.). Tras la explicación y el trabajo con las fotografías aéreas, se les pedirá a los estudiantes que respondan a las siguientes preguntas. Se corregirán de forma conjunta para que se fomente el debate y localicen los errores que pudieran haber cometido:

- ¿Las fallas son normales o inversas?
- ¿Qué bloque se hunde?
- ¿Se consideraría una zona distensiva (alejamiento) o compresiva (acercamiento)?
- ¿Qué longitud puede tener esta falla?
- ¿La escala de las fallas son siempre como esta?

Una vez que han visto la cartografía geológica se les mostrará el modelo 3D, con el que ahora podrán localizar la falla, e incluso los abanicos aluviales.

Tarea 5. Modificación del relieve

Se trabajará por equipos mediante la técnica de trabajo cooperativo “cabezas numeradas”. Los alumnos deberán indagar sobre la formación y modelado de diferentes relieves que buscarán en Google Earth (ver figuras 42-45). Previamente, el docente hará una introducción a los procesos de meteorización, erosión, transporte, sedimentación y a los agentes externos que actúan sobre el relieve de la Tierra (acción del agua, del viento, de la vegetación y la acción del ser humano). Para facilitar la tarea se les entregarán varias preguntas que les guiarán en la búsqueda de información.

Cañón del Colorado (Erosión Fluvial):



Fig. 42. Cañón del Colorado (Google Earth)

Delta del Ebro (Sedimentación):

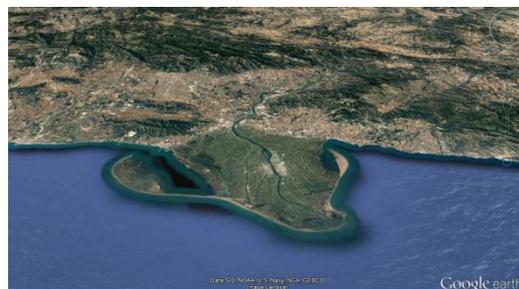


Fig. 43: Delta del Ebro (Google Earth)

Minas de Rio Tinto (Antrópico):



Fig. 44. Minas Rio Tinto (Google Earth)

Valle de Ordesa (Erosión Glaciar):

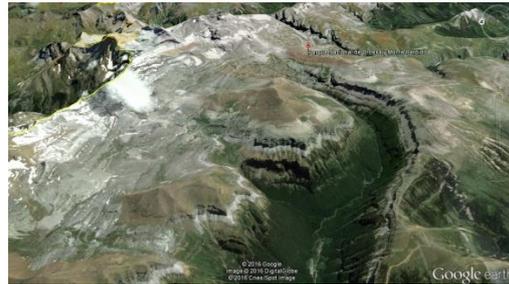


Fig. 45. Valle de Ordesa. (Google Earth)

Preguntas generales:

- ¿Qué es el relieve?
- ¿En qué tipos de mapas se representa el relieve?
- ¿Cómo se modela el relieve? ¿Cuál es la acción de los agentes externos?
- ¿Qué factores condicionan el modelado del relieve?
- ¿Actúa más de un agente modificador del relieve?
- Descripción morfológica
- Descripción interpretativa



Fig.46. Modelo 3D Valle de Ordesa.

Trabajar con modelos 3D nos permite observar también la evolución de este valle, por ejemplo, su formación debido a la glaciación (valle en U, Fig. 48) y su posterior modelo debido al río (valle en V, Fig. 47). Se les hace reflexionar por la diferencia de estas dos perspectivas:

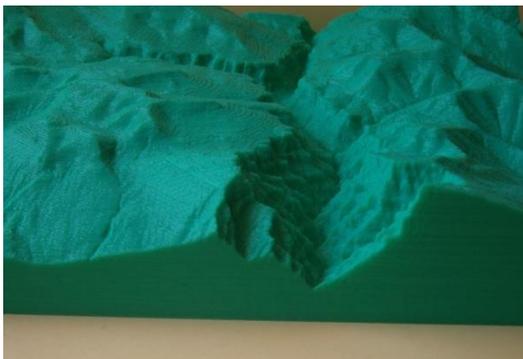


Fig. 47. Valle en forma de V (Ordesa) Fuente: elaboración propia.

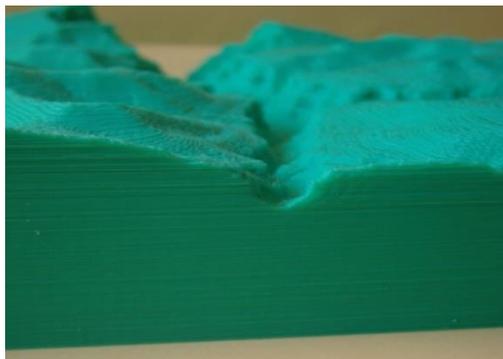


Fig. 48. Valle en forma de U (Ordesa) Fuente: elaboración propia.

Competencias:

- 1) La comunicación lingüística se trabaja, al igual que en las demás actividades, mediante los debates y exposiciones orales o escritas de los trabajos de los estudiantes, y especialmente mediante la comprensión lectora de los textos sobre los fundadores de la Geología.
- 2) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: en esta actividad se desarrolla por medio de la interpretación de diferentes tipos de mapas (aéreos, topográficos y cartográficos), el cálculo de distancias y el trabajo con escalas. El trabajo combinado con cortes geológicos sencillos y modelos 3D exige al alumnado el desarrollo de la visualización e interpretación tridimensional de los datos contenidos en los mapas bidimensionales.
- 3) La competencia digital se desarrolla mediante el uso de la herramienta Google Earth, que facilita el trabajo con mapas de una forma sencilla. Los alumnos han de hacer frente a diferentes retos para buscar elementos geológicos estructurales.
- 4) Tanto las competencias de aprender a aprender como las competencias sociales y cívicas se desarrollan a través del trabajo en equipo.

4. REFLEXIÓN FINAL Y TRABAJO FUTURO

Como reflexión final de este trabajo, es conveniente indicar que el uso de los modelos 3D en educación aporta versatilidad y variedad a las actividades de aula, lo que se traduce en una mayor participación del alumnado, captando su interés, y aumentando su motivación hacia el aprendizaje de las Ciencias, y más concretamente, de las Ciencias de la Tierra. Por otra parte, también permite acercar la Geología a los estudiantes con discapacidades visuales. Hay que tener en cuenta que las dificultades intrínsecas asociadas al aprendizaje de, por ejemplo, el manejo de escalas o la representación de estructuras y formaciones geológicas, se incrementan en el caso del alumnado que presenta este tipo de limitaciones. Por tanto, esta técnica constituye una herramienta útil que permite acercar los conceptos abordados en este trabajo tanto a los estudiantes sin discapacidad como a los que presentan alguna.

Las actividades están diseñadas para promover particularmente su inclusión, mediante el uso de una metodología basada en la indagación y en el aprendizaje cooperativo, que permiten al alumnado interactuar y respetar a sus iguales. Podemos destacar que los estudiantes con discapacidad visual suelen tener muy desarrollado el sentido del tacto y del espacio con las manos, y son capaces de interpretar más detalles o descubrir elementos que a los videntes les puede pasar desapercibidos mediante el uso de la vista, lo que mejora su integración y estimula su comunicación con el resto de compañeros así como su autoestima.

Este trabajo se ha desarrollado fundamentándonos en los contenidos de Biología y Geología de la etapa de Secundaria, y como se ha podido observar, se hace hincapié en una visión interdisciplinar de las actividades que incluyen elementos de otras asignaturas (por ejemplo, matemáticas e incluso lengua). Este diseño, al incluir a otras materias, permite el desarrollo de más de una competencia al mismo tiempo.

El reto para el futuro es desarrollar esta experiencia en el aula, comprobar su aceptación por parte del alumnado y la implicación de este en los procesos de aprendizaje individual y social, así como la adecuación de los tiempos propuestos para su realización. Todo ello exigirá un profundo proceso de evaluación de las actividades, a fin de obtener un producto que pueda ser útil para otros docentes. En este sentido, el presente documento está abierto a cuantas aportaciones se reciban, no solo por parte de cualquier profesional de la Educación, sino también del alumnado.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alaska Museum. (s.f.). *Volcano Simulator*. Descargado de <http://www.alaskamuseum.org/education/volcano>.
- Alfaro, P., Alonso-Chaves, F. M., Fernández, C., y Gutiérrez-Alonso, G. (2013). Fundamentos conceptuales y didácticos: La tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 21(2), 168–180.
- Alfaro, P., González, M., Brusi, D., Martín, L., Juan, A., Martínez Díaz, J. J., García, J., Benito, B., Murphy, P., y Nájera, A. (2012). Lecciones aprendidas del terremoto de Lorca de 2011. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 19(3), 245–260.
- Aurell, M., y Bádenas, B. (1997). Didáctica de las ciencias estratigráficas. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 5(3), 195–199.
- Berjillos Ruiz, P., y Pedrinaci, E. (1995). Concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 34(2), 240–251.
- Bermejo, M. L., Fajardo, M. I., y Mellado, V. (2002). El aprendizaje de las ciencias en niños ciegos y deficientes visuales. *Integración. Revista Sobre Ceguera Y Deficiencia Visual*, 38, 25–34.
- Bird, P. (2003, Marzo). *An updated digital model of plate boundaries*. <http://doi.org/10.1029/2001GC000252>.
- Brusi, D., Alfaro, P., y González, M. (2008). Los riesgos geológicos en los medios de comunicación. El tratamiento informativo de las catástrofes naturales como recurso didáctico. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 16(2), 154.
- Calonge, A. (2012). GeoSchools: una ventana abierta a la enseñanza de la Geología. En G. M. A. Calonge, G. Fermeli, M^a D. López Carrillo (Ed.), *II Conferencia del Proyecto GeoSchools: Geología y Sociedad: Alfabetización Geocientífica*. Zaragoza: Seminario de Paleontología de Zaragoza.
- Carrillo Rosúa, J., Vílchez González, J. M., y González García, F. (2010). Ideas previas en el alumnado de magisterio de educación primaria sobre el interior de la tierra. En *II Congreso Internacional de Didáctiques* (pp. 1–5).
- Compiani, M. (1990). Em busca de novos temas unificadores para a disciplina “Elementos de Geologia.” En *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA* (Vol. 36, pp. 517–528).
- Correa Silva, M. P. (2004). Diseño y lectura tridimensional: innovación en el uso de nuevos materiales para la estimulación háptica en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En M. I.

- Castreghini (Ed.), *Livros Cartografia Tátil - Orientação e Mobilidade às Pessoas Com Deficiência Visual*.
- Cortés, A. L., y de la Gándara, M. (2007). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 25(3), 453–449.
- Davis, A. (2014). Layer-by-Layer: The Evolution of 3-D Printing - IEEE - The Institute. Descargado de <http://theinstitute.ieee.org/technology-focus/technology-history/layerbylayer-the-evolution-of-3d-printing>.
- DeLaughter, J. E., Stein, S., Stein, C. A., y Bain, K. R. (1998). Preconceptions about earth science among students in an introductory course. *Eos*, 79(36), 429–432.
- Díaz, J. (2011). Buscando terremotos desde el aula. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 19(3), 343–347.
- Earth Learning Idea. (s.f.). Descargado de <http://www.earthlearningidea.com/>.
- Earth Science Literacy Initiative - ESLI (s.f.). Descargado de <http://www.earthscieliteracy.org/index.html>.
- Eisenberg, M. (2007). Pervasive fabrication: Making construction ubiquitous in education. En *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2007. PerCom Workshops' 07. Fifth Annual IEEE International Conference on* (pp. 193–198). CONF, IEEE.
- FMM Educación. (s.f.). Ciencias de la Tierra. 5° año de la orientación en ciencias naturales. Descargado de http://www.fmmeducacion.com.ar/Sisteduc/Buenosaires/Secundario/5to_CienciasNaturales_Orientadas/ciencias_de_la_tierra.pdf.
- Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31–64.
- Garritz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación Química*, 106.
- Gershenfeld, N. (2008). *Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication*. Basic Books.
- Giner-Robles, J. L., Pozo Rodríguez, M., Carenas Fernández, B., Domínguez Díaz, C., García Ruíz, A., Regadío García, M., y De Soto García. (s.f.). *Localización de un sismo*. Descargado de https://formacion.uam.es/pluginfile.php/167/mod_resource/content/2/localizacion_de_un_sismo.pdf.
- González, M., Alfaro, P., & Brusi, D. (2011). Los terremotos “mediáticos ” como recurso educativo. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 19(3), 330–342.

- Grabador de voz online. (s.f.). Descargado de <http://online-voice-recorder.com/es/>.
- Hatch, M. (2013). *The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. McGraw Hill Professional.
- IES Alpajés. (s.f.). *PRÁCTICA: INTERPRETACIÓN DE CORTES GEOLÓGICOS*. Recuperado de <https://matragut.files.wordpress.com/2008/10/cortes20geologicos1.pdf>.
- IgeoQuiz. (s.f.). Descargado de <http://www.igeo.ucm-csic.es/cultura-cientifica/divulgacion/228-igeoquiz-12-marzo-el-n%C3%BAcleo-l%C3%ADquido-de-la-tierra>.
- IGME. (s.f.). Servicios de mapas del IGME. Descargado de http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx#IGME_MAGNA_50.
- Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). Descargado de <http://www.geologia.unam.mx/>.
- Jiménez-Sánchez, A. (2010). Biodiversidad y Tectónica de Placas. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 18(1), 85.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., y Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula - Cooperative Learning in the classroom*. Buenos Aires: Editorial Paidós SAICF.
- Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía (2007): Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía (Publicado en BOJA, nº 252, de 26 de diciembre de 2007). Descargado de <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2007/252/boletin.252.pdf>.
- Los terremotos que quebraron Granada. (2012, Diciembre 27). *Granada Hoy*. Granada. Descargado de <http://www.granadahoy.com/article/granada/1427128/los/terremotos/quebraron/granada.html>.
- Martínez Chico, M., López-Gay Lucio-Villegas, R., y Jiménez Liso, M. R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 4379(28), 153–173.
- Martínez-Chico, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. (Tesis doctoral). Universidad de Almería.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34–37.
- Maset, P. P. (2009). La calidad en los equipos de aprendizaje cooperativo: algunas consideraciones para el cálculo del grado de cooperatividad. *Revista de Educación*, (349), 225–239.

- Meyer, S. C. (2015). 3D Printing of Protein Models in an Undergraduate Laboratory: Leucine Zippers. *Journal of Chemical Education*, 92(12), 2120–2125. <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00207>.
- National Geographic. (s.f.). *La formación de La Tierra*. Descargado de <http://www.nationalgeographic.es/natgeo-tv/la-formacion-de-la-tierra>.
- Orden del 14 de Julio 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado (2016): Orden del 14 de Julio 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. (Publicado en BOJA, nº 144, de 28 de julio de 2016). Descargado de <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/144/BOJA16-144-00479.pdf>.
- Orden ECD/65/2015 por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (2015): Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. (Publicado en BOE, nº 25, de 29 de enero de 2015). Descargado de <http://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>.
- ONCE. (2016). *Guía sobre Tiflotecnología y Tecnología de Apoyo para uso educativo (Última actualización: febrero 2016)*. Descargado de <http://educacion.once.es/home.cfm?id=228ynivel=2yorden=2>.
- Ortega Valenzuela, M. A. (2012). *USO DE GOOGLE EARTH PARA UN PERFIL TOPOGRÁFICO* - YouTube. Descargado de <https://www.youtube.com/watch?v=pGtXxjXcog>.
- Padlet. (s.f.). Descargado de <https://es.padlet.com/>.
- Pedinaci, E. (1998). Procesos geológicos internos: entre el fijismo y la Tierra como sistema. *Alambique*, 18, 7–17.
- Pedinaci, E. (2001). *Los procesos geológicos internos*. Madrid: Síntesis Educación.
- Pedinaci, E. (2011). El funcionamiento del planeta y la alfabetización en ciencias de la Tierra. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(67), 10–19.
- Pedinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Almodóvar, G.R., Barrera, J.L., Belmonte, A., Brusi, D., Calonge, A., Cardona, V., Crespo-Blanc, A., Feixas, J.C., Fernández-Martínez, E., González-

- Díez, A., Jiménez-Millán, J., López-Ruiz, J., Mata-Perelló, J.M., Pascual, J.A., Quintanilla, L., Rábano, I., Rebollo, L., Rodrigo, A. y Roquero, E. (2013). Alfabetización en ciencias de la Tierra. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 21(2), 117–129.
- Pedró, F. (2015, Febrero 23). La tecnología y la transformación de la escuela. *El País*. Descargado de http://elpais.com/elpais/2015/02/19/opinion/1424369901_522959.html.
- Pérez Grijalbo, J. P. (2000). Los anáglifos como recurso didáctico en la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 8(2), 142–147.
- Proyecto Gutenberg3D. (s.f.). Recuperado de <http://gutenberg3d.blogspot.com.es/p/mi-pagina-2.html>
- Puig Mauriz, B., Pérez Maceira, J. J., y Montero Vilar, S. (2015). La sucesión de terremotos del Delta del Ebro. Una secuencia para investigar las ideas del alumnado y la práctica de uso de pruebas. *Praxis & Saber*, 6(11), 43–65.
- Ramos, R., Praia, J., Marques, L., y Gama Pereira, L. (2001). Ideas alternativas sobre el Ciclo Litológico en alumnos portugueses de Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 9(3), 252–258.
- Real Decreto por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2015): *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. (Publicado en BOE, nº 3, de 3 de enero de 2015). Descargado de <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>.
- Roque, M. Á., y Valverde, R. (2012). La observación y percepción del entorno y modelos en el espacio a través de aplicaciones prácticas con sistemas de impresión en la Educación Artística. En *IV Congreso de Educación Artística y Visual. Contribuciones desde la periferia*. Jaén.
- Sanz, E. (n.d.). Los temblores en la isla de El Hierro podrían anunciar el nacimiento de un volcán. *Muy Interesante*. Descargado de <http://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/los-temblores-en-la-isla-de-el-hierro-podrian-anunciar-el-nacimiento-de-un-volcan>.
- Sanz, P. A. (2015). Proyecto Gutenberg 3D. Impresión en 3D, robótica imprimible, desarrollo de APP y miniordenadores. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, (283), 82–87. UR.
- Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B., y Pearce, J. M. (2015). Open-source 3-D printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom. *Journal of*

- Visual Languages and Computing*, 28, 226–237.
<http://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.01.004>.
- Sequeiros, L., y Pedrinaci, E. (1992). Una propuesta de contenidos de geología para la Educación Secundaria Obligatoria. En *III Congreso geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología* (pp. 471–480). Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Sequeiros, L., Pedrinaci, E., y Berjillos, P. (1996). Cómo enseñar y aprender los significados del tiempo geológico: algunos ejemplos. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 4(2), 113–119.
- Stainback, S. B. (2001). Components crítics en el desenvolupament de l'educació inclusiva. *Suports: Revista Catalana D'educació Especial I Atenció a La Diversitat*, 5(1), 26–31.
- Tarbuck, E. J., y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física*. (8.^a edición). Madrid: Prentice Hall.
- Texto consolidado del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2016): Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Descargado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2016/BOE-A-2016-7337-consolidado.pdf>.
- The New Media Consortium. (2013). *NMC Horizon Report: Edición sobre Educación Superior 2013*. Austin, Texas. Descargado de http://revista.unir.net/especiales/horizon-report/files/UNIR_HORIZON_REPORT.pdf.
- The New Media Consortium. (2015). *NMC Horizon Report > 2015 K-12 Edition*. Austin, Texas. Descargado de <http://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2015-k-12-edition/>.
- Timetoast. (s.f.). Descargado de <https://www.timetoast.com/>.
- Vera Torres, J. A. (1994). *Estatigrafía: Principios y métodos*. (Rueda, Ed.). Madrid.

ANEXOS

6.1 Anexo. Descripción plataformas modelos 3D

1. **Yeggi:** es una herramienta eficaz para encontrar cosas de forma rápida. Es un motor de búsqueda dedicado a explorar otros sitios web sobre impresión 3D para encontrar modelos. <http://www.yeggi.com/>
2. **Thingiverse:** Tiene una gran comunidad de makers dedicados a subir modelos en mu distintas categorías y complejidades, por lo que es un repositorio con gran cantidad de modelos disponibles gratis para descargar. <http://www.thingiverse.com/>
3. **GrabCad:** Lugar destinado a productos 3D en el ámbito de la ingeniería, ofrece herramientas que ayudan a los usuarios a colaborar con sus modelos de impresión 3D pero también contiene una amplia biblioteca de archivos gratuitos para la impresión creados por ingenieros. <https://grabcad.com/library>
4. **STL Finder:** es un buscador simple que rastrea la red en busca de archivos STL, mirando a través de muchos sitios web para modelos 3D para impresión. Puedes crear una cuenta para marcar tus favoritos para futuras referencias <http://www.stlfinder.com/>
5. **SERC:** página dedicada para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra que presenta un apartado con material 3D para imprimir sobre topografía, fósiles, modelos cristalográficos entre otros. También se puede colaborar rellenando un formulario para subiendo tus modelos. http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/data_models/3Dprinting/3d_models_serc.html
6. **Smithsonian Institution:** alberga una gran cantidad de objetos del museo escaneados incluyendo fósiles, cerámicas, esculturas e incluso lugares como cuevas o yacimientos paleontológicos por medio de técnicas como la fotogrametría o láser. Es posible ver y manejar en 3D desde la página y descargar el archivo. <http://3d.si.edu/downloads/55>

7. **African Fossils.org:** se dedica a la creación de un repositorio de modelos 3D de fósiles de animales, ancestros humanos y herramientas que se encuentran en el este de África. Es posible interactuar con la colección comentando y compartiendo las imágenes en un foro. <http://africanfossils.org/>

8. **Smithsonian:** el Museo Nacional de Historia Natural, presenta en su página una sección con modelos 3D de su colección con una gran variedad de primates fósiles y artefactos. Si se está interesado en descargar el material es necesario contactar con ellos. <http://humanorigins.si.edu/evidence/3d-collection/fossil>

9. **GB3D Type Fossils:** Destaca por la gran cantidad de fósiles que contiene cada ejemplar posee su descripción del nombre, lugar, tiempo en el que existió, etc., en muchos de los fósiles está la posibilidad de ver la fotografía y el modelo 3D que se puede descargar gratuitamente. <http://www.3d-fossils.ac.uk/home.html>

10. **Protein Data Bank:** es un repositorio único donde los visitantes pueden realizar consultas simples y complejas en los datos, analizar y visualizar estructuras 3D de las moléculas biológicas y ácidos nucleicos. Se compone de organizaciones que actúan como centros de depósitos, proceso y distribución de datos. Es libre y disponible para cualquier usuario. <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>

11. **Phenome 10K:** es un repositorio libre online de modelos 3D de especímenes biológicos y paleontológicos para la comunidad académica y educativa. Los filtros que presenta te ayudan a buscar los modelos por la taxonomía, edad geológica, edad ontogenética y elementos. <http://phenome10k.org/>

12. **Morpho Source:** es una base de datos donde los investigadores almacenan, organizan y comparten sus datos 3D de proyectos destinados a homínidos. Cualquier usuario registrado puede buscar y descargar los conjuntos de datos morfológicos 3D. <http://morphosource.org/>

13. **Yobi 3D:** es un buscador para modelos gráficos 3D, una peculiaridad que presenta es que hay un filtro que limita los resultados de la búsqueda según la dificultad de los objetos a la hora de ser impresos. (easy, medium y hard) <https://www.yobi3d.com/#/>

6.2 Anexo: fósiles

(Todos los modelos son de elaboración propia)

CÁMBRICO:

Piloceras invaginatum Salter (Clase Cephalopoda)



Olenus cataractes Salter (Clase Trilobita)



ORDOVÍCICO:

Psilcephalus innotatus Salter (Clase Trilobita)

***Sinuites pusgillensis* Cowper Reed** (Clase Gastropoda)



SILÚRICO:

Taxocrinus (Filo Equinodermo)



***Stenoloron aequilaterum* var *shelvensis* Pitcher** (Clase Gastropoda)



***Atrypa reticularis* var. *sedgwicki* Alexandre** (Filo Brachiopoda)



DEVÓNICO:

***Spirifera (Cyrteria) disjunctus* Sowerby, J. de C.** (Filo Brachiopoda)



***Cheirolepis trailli* gassiz** (Clase Actinopterygii)

CARBONÍFERO:

***Liroceras lunense* Turner** (Clase Cephalopoda)



***Alethopteris anglica* Wagner** (Kingdom Plantae)

***Lepidodendron harcourti* Brongniart, 1839** (Clase Lycopsidea)

PÉRMICO:

***Adelosaurus huxleyi* Hancock & Howse** (Clase Reptilia)



***Haptodus grandis* Paton** (Clase Reptilia)

TRIÁSICO:

Diphydontosaurus avonis Whiteside (Clase Reptilia)

JURÁSICO:

Hildoceras walcotti Sowerby, J. (Orden Ammonitida)



Peltoceras (Peltomorphites) subeugenii Arkell (Orden Ammonitida)



CRETÁCICO:

***Terebratula shirburniensis* Buckman S.** (Filo Brachiopoda)



Triceratops skull (Clase Dinosauria)



***Iguanodon* sp.** (Orden Dinosauria)



PALEÓGENO:

***Litoricola dentata* Woodward H.** (Filo Arthropoda)



Enoplosus pygopterus (Clase Actinopterygii)



NEÓGENO:

***Strongylocentrotus cotteai* Bell A.** (Clase Echinoidea)



CUATERNARIO:

Homo erectus (Orden Primates)