



**Universidad de Jaén**  
*Centro de Estudios de Postgrado*

## Trabajo Fin de Máster

# **PROPUESTA DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA: VULCANISMO Y CONSECUENCIAS AMBIENTALES. 2º DE BACHILLERATO**

**Alumno/a:** Illana Rico, Elena

**Tutor/a:** Pedro Alejandro Ruiz Ortiz

**Dpto:** Departamento de Geología

## ÍNDICE

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                              | 3  |
| Abstract.....                                              | 3  |
| 1. Introducción.....                                       | 4  |
| 2. Fundamentación epistemológica .....                     | 6  |
| 2.1. Introducción: La Tectónica de Placas .....            | 6  |
| 2.2. Vulcanismo.....                                       | 10 |
| 2.3. Tipos de erupciones.....                              | 19 |
| 2.4. Vulcanismo y Medioambiente.....                       | 35 |
| 2.5. Metodología empleada en la Proyección didáctica. .... | 40 |
| 3. Proyección didáctica .....                              | 42 |
| 3.1. Justificación.....                                    | 42 |
| 3.2. Contextualización de centro y aula.....               | 43 |
| 3.3. Objetivos .....                                       | 45 |
| 3.4. Contenidos.....                                       | 49 |
| 3.5. Competencias clave .....                              | 49 |
| 3.6. Metodología y recursos didácticos.....                | 54 |
| 3.7. Actividades .....                                     | 60 |
| 3.8. Temporalización .....                                 | 62 |
| 3.9. Evaluación .....                                      | 68 |
| 3.10. Atención a la diversidad .....                       | 73 |
| 3.11. Conclusiones.....                                    | 75 |
| Anexos.....                                                | 77 |
| REFERENCIAS.....                                           | 94 |
| WEBGRAFÍA .....                                            | 97 |

## Resumen

El Trabajo Fin de Máster que se presenta se conforma en torno a la asignatura Geología de 2º de Bachillerato. En él se intenta plasmar cómo ajustar un tema de interés y actualidad sobre esta materia, concretamente, “Vulcanismo y consecuencias ambientales”, en el ámbito de la educación. Además, trata de integrar esos conocimientos con una metodología que tiene en cuenta las dificultades adicionales que presentan los alumnos en este curso, por su cercanía a la Selectividad.

El trabajo queda dividido en dos secciones, la fundamentación epistemológica, en la que se recoge una buena parte de la información hasta ahora conocida sobre el tema a tratar, y la unidad didáctica, en la que se desarrollan todos los aspectos curriculares y metodológicos necesarios para la elaboración e impartición de la misma.

**Palabras clave:** erupción, consecuencias ambientales, volcán, Bachillerato, temperatura, extinciones, clima.

## Abstract

The Master's Final Project presented deal with the subject of Geology, from the 2nd year of Bachillerato. It tries to show how to adjust an exciting and current topic on this subject, specifically "Vulcanism and environmental consequences", in the field of education. Furthermore, it tries to integrate this knowledge with a methodology that takes into account the additional difficulties that students present in this course, due to their proximity to the university entrance exams. Two sections configure the work: the epistemological foundation, which integrates a good part of the information known up to now on that issue, and the didactic unit, which develops all the curricular and methodological aspects necessary for the programming and teaching of the unit.

**Keywords:** eruption, environmental consequences, volcano, Bachillerato, temperature, extinctions, climate.

## 1. Introducción

El presente Trabajo Fin de Master se configura alrededor de una unidad didáctica que se desarrollaría en la asignatura de Geología del 2º curso de Bachillerato.

Esta asignatura trata de ampliar aquellos conceptos y conocimientos que han ido apareciendo durante los cursos anteriores de la Educación Secundaria Obligatoria, en la asignatura de Biología y Geología. Debemos ser conscientes de que ambas partes, tanto la Biología como la Geología, tienen la misma importancia, pues no sabemos cuántos de nuestros alumnos se encuentran en esta asignatura porque en la ESO se vieron identificados con la misma y quisieron seguir su camino en esta dirección, por lo que no podemos limitarles en cuanto a opciones se refiere ni privarles de la posibilidad de enriquecerse con los conocimientos que ambas aportan. Esto quizás les ha permitido ampliar su visión respecto a la Geología, e incluso potenciar cierta curiosidad por ella, fomentando que hoy, su elección hacia la asignatura descrita en este trabajo, Geología de 2º de Bachillerato.

Respecto a la distribución, este trabajo estará dividido en dos partes principales, la fundamentación epistemológica, y la unidad didáctica:

- Fundamentación epistemológica: la epistemología es el conjunto de investigaciones, fundamentaciones y conocimientos que, hasta día de hoy, se conoce sobre un tema en concreto. Por lo que, el desarrollo de esta sección del trabajo consistirá en recoger aquellos datos e información disponible actualmente, en el mundo científico, sobre la cuestión que vamos a tratar, las erupciones volcánicas y como pueden, y de hecho ha ocurrido en numerosas ocasiones a lo largo de los años, modificar el clima y causar otras tantas consecuencias ambientales.
- Unidad didáctica: en segundo lugar, vamos a tratar de proyectar la información recabada anteriormente y consolidarla en una unidad didáctica. Esta estará destinada a un curso cuyos contenidos se ajusten a dicha información, en este caso, 2º de Bachillerato. En ella aparecerán todos los elementos curriculares necesarios para el desarrollo de la misma: legislación vigente, objetivos, competencias clave, contenidos, metodología, temporalización y evaluación, sin olvidar la atención a la diversidad. La metodología se adaptará al nivel de 2º de Bachillerato, enfrentando las dificultades que ello conlleva. Además, se establecerá una temporalización que permita ajustar de la forma más óptima posible, los contenidos al número de sesiones correspondientes como para fijar adecuadamente dichos contenidos. Por último, al final de esta unidad, en los anexos, se adjuntarán tanto las actividades como las pruebas escritas que se llevarían a cabo durante las distintas sesiones.

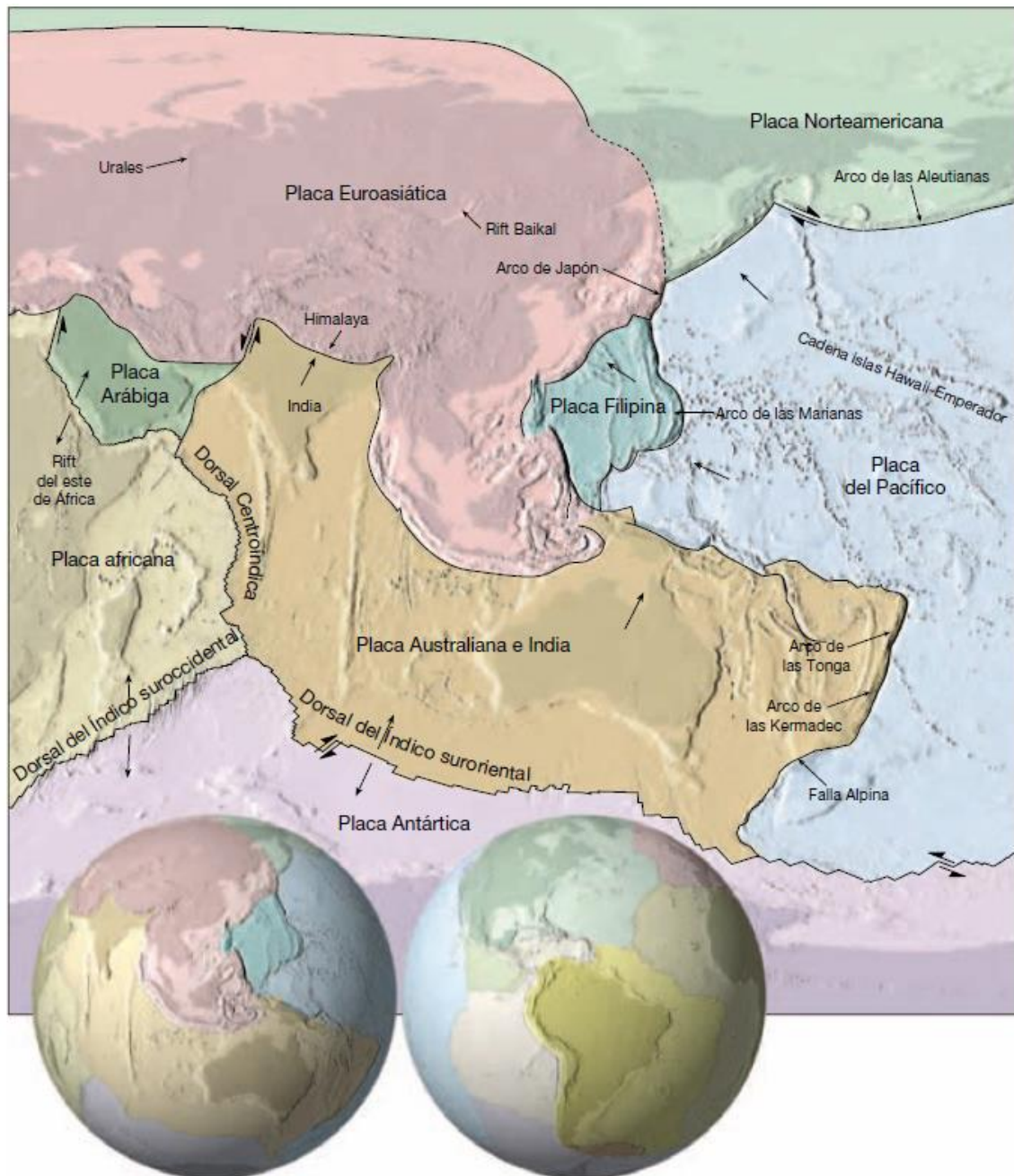
Esta unidad didáctica nace del interés por conocer cómo conciliar el tema tratado con el nivel en el que concurre, el cual cursa con la adición de un hándicap tal como la proximidad a la selectividad. Además de la curiosidad por dicho tema, y cómo a través de la geología podemos explicar numerosos fenómenos y explicaciones que acontecen en la actualidad.

## 2. Fundamentación epistemológica

### 2.1. Introducción: La Tectónica de Placas

A lo largo de la historia, el hombre fue conociendo, y en parte sufriendo, los fenómenos volcánicos. Como muestra Edward y Frederick (2018) en su libro, el más famoso de la historia reciente fue la destrucción de Pompeya y Herculano por la erupción del Vesubio en el año 79 de nuestra era. Durante mucho tiempo, los naturalistas y posteriormente los geólogos observaron la curiosa distribución de las cadenas volcánicas, intuyendo que esta no era aleatoria, sino que, mucho más allá de eso, estas manifestaciones se distribuían de acuerdo con algún fenómeno o proceso que no va a ser hasta la segunda mitad del siglo XX cuando lo conseguirían averiguar. Fue en la década de los años 60 del siglo pasado cuando la intensa investigación que se había puesto en marcha sobre los fondos oceánicos, va a proporcionar a la Humanidad una teoría comprensiva de primer nivel: la Tectónica de Placas. En ella encontraron explicación muchos fenómenos geológicos, entre otros, la localización de volcanes y terremotos en la superficie terrestre (Edward & Frederick, 2018).

La idea que acompaña a la tectónica de placas consiste en la división de la litosfera terrestre en una serie de fragmentos discretos, los cuales tienen la capacidad de moverse libre e independientemente unos de otros (Ilustración 1). Los movimientos de esas placas originan toda una serie de procesos geológicos en torno a los límites de las mismas, donde se concentra el máximo de actividad de la dinámica interna del planeta. En los límites de las placas, se dan tres movimientos fundamentales. En primer lugar, un movimiento divergente, de separación entre las placas que están en contacto, lo que ocurre en unas cordilleras submarinas que como en el Atlántico es muy centrada, y lo recorre a modo de espina dorsal, para todas ellas se suele utilizar el nombre de Dorsales. Es el primer tipo de límites de placas, los límites divergentes. En segundo lugar, un movimiento de subducción, en el que una placa se hunde bajo otra en las inmediaciones de los bordes continentales o de arcos de islas; son las denominadas Zonas de Subducción o Zonas de Benioff, en honor a su descubridor. Estos son los límites convergentes, y no existen en el Atlántico, solo en el Pacífico y en el Índico. Y, en tercer lugar, existen placas que se desplazan lateralmente una contra otra, en sentidos divergentes con movimientos esencialmente horizontales. Esto origina lo que se denomina Fallas Transformantes, que constituyen el tercer tipo de límites de placas (Edward & Frederick, 2018).

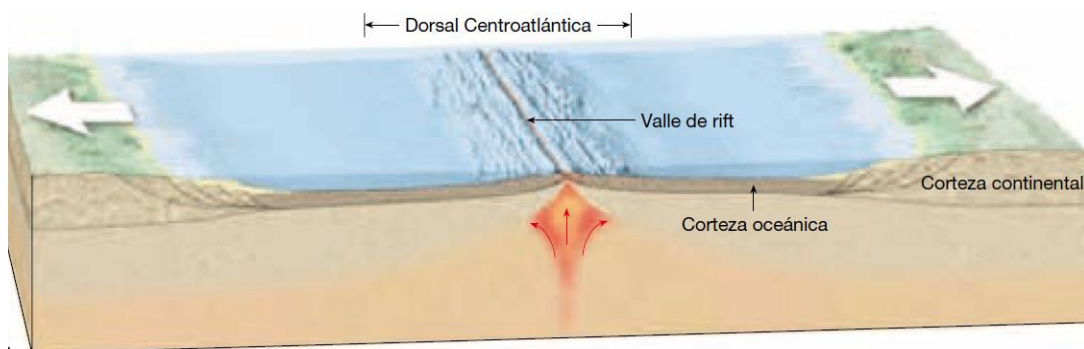


*Ilustración 1.* Placas que constituyen la litosfera de la tierra (Edward & Frederick, 2018).

### 2.1.1. Límites de placas divergentes

En las dorsales, se da la creación continua de fondo oceánico de forma proporcional a la separación entre ambas placas. A medida que las dos placas, trozos de litosfera terrestre, que forman la dorsal se separan, el peso que recae sobre el manto, disminuye. Como consecuencia se produce un levantamiento del manto en dicha dorsal. Durante este proceso, y al disminuir la presión de confinamiento, las rocas del manto son capaces de fundirse sin la adición de calor. A este fenómeno se le denomina fusión por

descompresión. Es en ese momento, cuando se forma el magma y este asciende, para rellenar el hueco que originó la separación de las placas de la dorsal (Ilustración 2). De esta forma, los fondos oceánicos se encuentran en constante actividad, añadiendo y consolidando nueva roca, con tasas medibles en tiempo humano del orden de alguno/s centímetros al año. Podemos decir que este es el proceso esencial de la Tectónica de Placas, ya que, al crearse continuamente nuevo fondo oceánico, con lo que se ha venido a llamar “expansión del fondo oceánico” determina que tenga que haber zonas por donde se compensa esa creación con una destrucción de litosfera oceánica. Y esto es lo que ocurre en los límites de placas convergentes. De no ser así, la superficie de la Tierra iría creciendo, la Tierra entera estaría en expansión lo que va en contra de lo que nos dice la Geodesia, la cual nos indica que la Tierra no está aumentando su volumen (Edward & Frederick, 2018).



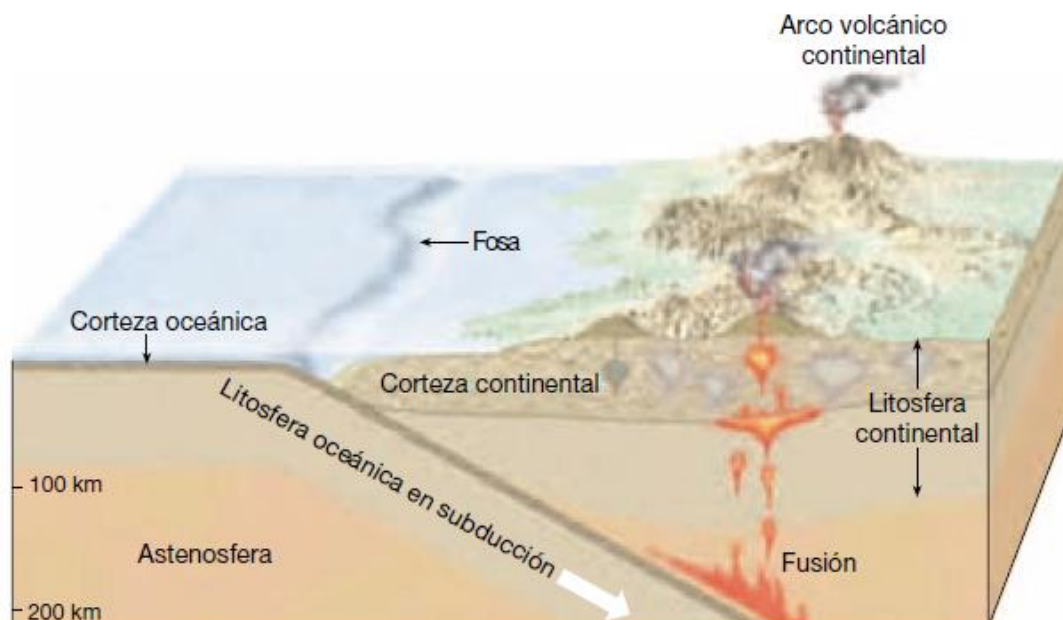
*Ilustración 2. Expansión del fondo oceánico por ascenso del magma (Edward & Frederick, 2018).*

### **2.1.2. Límites de placas convergentes**

En los límites de placas convergentes, la placa oceánica subduce, con un ángulo y pendiente más o menos inclinado, a la placa continental, destruyendo litosfera oceánica (Ilustración 3). Este proceso forma una fosa donde se almacena parte del material que arrastra la placa oceánica. A medida que la placa subduce, el agua comienza a evaporarse formando vapor de agua, y junto a otros volátiles como el dióxido de carbono, comienzan a ascender (Edward & Frederick, 2018).

Cuando la placa oceánica llega a una profundidad aproximada de 100 km, la cual coincide con la presencia de la Astenosfera (zona del manto caracterizada por su plasticidad y viscosidad), el material de la placa subducente reduce su punto de fusión debido fundamentalmente a la pérdida de volátiles, permitiendo que sus materiales se fundan y dando lugar a la formación de magma. Cuando la cantidad de magma es tal como para impedir su acúmulo, este comienza a ascender hacia la superficie. Es ahora

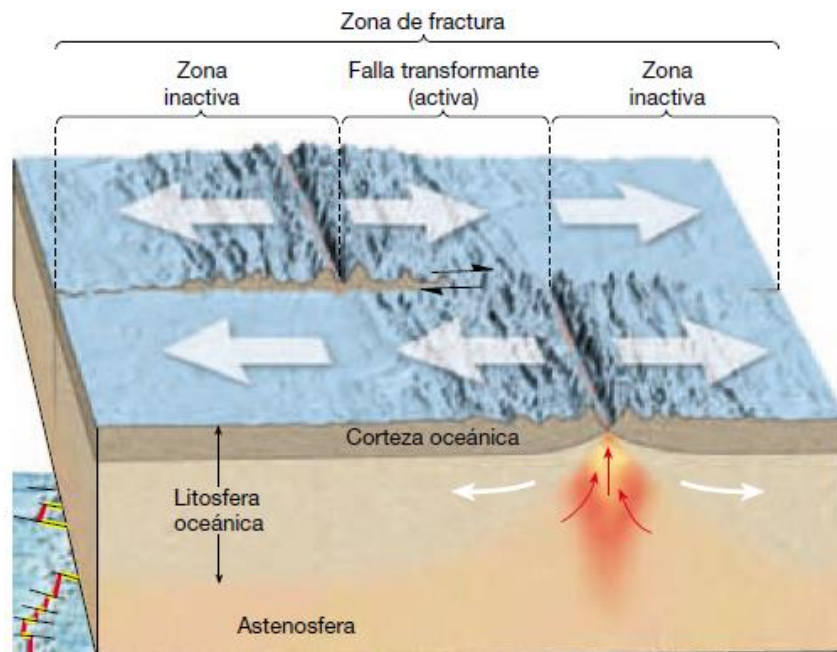
cuando podemos comprender por qué los volcanes no aparecen de forma aleatoria, sino que forman esa cadena volcánica, paralela a la zona de subducción llamada “arco volcánico o arco de islas”, que se encuentra a una distancia de un par de centenares de kilómetros de la fosa. El arco volcánico puede aparecer en la litosfera oceánica o continental y esto va a depender del grado de inclinación o ángulo con el que subduzca la placa oceánica y de la madurez del proceso. Si el ángulo es muy acusado, se alcanzará la profundidad de fusión a una distancia muy cercana a la fosa, siendo mayor la probabilidad de que dicho arco se forme en la litosfera oceánica, los cuales pasarían a denominarse arcos insulares o arcos de islas volcánicas, siempre y cuando crezcan lo suficiente como para alcanzar la superficie. Este es el caso en el Pacífico norte (Aleutianas) y en el occidental (Japón y otros). Si, por el contrario, la pendiente de la placa es menor, habrá una mayor distancia entre la fosa y la zona de fusión del manto subducido, aumentando la probabilidad de origen del arco volcánico en la litosfera continental. En este caso, se origina una cordillera denominada arco volcánico continental. Un claro ejemplo de este tipo de cadena volcánica es la Cordillera de los Andes. A veces, a medida que la placa se hunde, puede haber roturas en la misma, provocando que el ángulo de subducción sea distinto en diferentes zonas. Esto implicaría que se alcanzase antes o después la profundidad de fusión en cada una de las zonas fracturadas, y, por consiguiente, los volcanes que conformarían el arco volcánico aparecerían más cercanos o alejados de la fosa (Edward & Frederick, 2018).



*Ilustración 3.* Zona de convergencia entre placas oceánica-continental (Edward & Frederick, 2018).

### 2.1.3. Fallas transformantes

Como hemos comentado anteriormente, hay un tercer tipo de límites de placas, aquellos en los que se fractura la corteza oceánica, y se originan movimientos horizontales entre ambos fragmentos. Son las fallas transformantes (Ilustración 4). Un claro ejemplo de este tipo de límites es la Falla de las Azores, que desde el Atlántico central, se dirige hacia el sur de la península Ibérica y pasa por las cercanías del estrecho de Gibraltar en su recorrido hacia el este, gobernando los movimientos en toda esa área entre las placas Africana y Euroasiática, y siendo la responsable de la sismicidad que sufrimos en el mar de Alborán y en el sur de la península (terremoto de Lisboa de 1755, maremoto de Cádiz, o el terremoto de Almería del 22 de septiembre de 1522, el terremoto más destructivo de la historia de España) (Edward & Frederick, 2018).



*Ilustración 4.* Falla transformante y desplazamiento de los bloques a ambos lados de la misma. La sismicidad se localiza de forma preferente en la parte de la falla en la que los bloques se desplazan en sentido contrario (Edward & Frederick, 2018).

## 2.2. Vulcanismo

### 2.2.1. Magma y tipos de magmas. Propiedades de los magmas.

La parte más externa de la Tierra está dividida en dos capas, la litosfera y la astenosfera. La gran mayoría del magma originario en nuestro planeta proviene de su formación a partir de estas capas. La litosfera incluye la corteza y la capa superior del manto. Esta capa está formada por rocas cuyo comportamiento es frágil frente a los esfuerzos. Por otro lado, la astenosfera presenta materiales con cierto grado de fusión parcial, lo que

la hace plástica. Ambos comportamientos en estas capas no implican la formación de magma por sí solas, sino que es necesaria la presencia de varios factores para que esto se desencadene. Cuando hablamos de fundir un compuesto, lo primero que viene a nuestra mente es la acción del calor. Pues bien, si este juega un papel fundamental en el cambio de estado y formación del magma, también son muy importantes la presencia de otros factores determinantes en este proceso; la presión y los volátiles (Edward & Frederick, 2018):

- *Calor:* El calor aumenta con la profundidad, fenómeno denominado como gradiente geotérmico. En la corteza superior, por cada kilómetro de profundidad, la temperatura aumenta unos 20°C o 30°C, dependiendo del gradiente geotérmico de la zona que no siempre es el mismo. Por otro lado, hay que tener en cuenta que dicho gradiente no se mantiene invariable con la profundidad. Por otro lado, las rocas no son homogéneas en su composición, sino que contienen minerales con distintos puntos de fusión. Por ello, se suele hablar a menudo de “fusión parcial” de los materiales, lo que refiere el comienzo de la fusión que puede empezar cuando la temperatura supera los 700–800 grados centígrados. Esta temperatura se consigue a profundidades cercanas a los 100 Km de profundidad. Algunos fenómenos que pueden incrementar el calor de la corteza y el manto, y, por lo tanto, favorecer la formación del magma, son: el roce que se produce entre las placas durante el proceso de subducción, el propio hecho del aumento en la profundidad cuando ocurre dicho fenómeno y, por último, la capacidad de ciertas rocas del manto, con una alta temperatura, de ascender y entrar en contacto con aquellas cuya temperatura es inferior, favoreciendo un intercambio de temperatura entre ellas (Edward & Frederick, 2018).
- *Presión:* La presión también es un factor determinante para alcanzar el punto de fusión de las rocas. Cuanto mayor es la profundidad, mayor es la presión de confinamiento a la que están sometidas las rocas. De forma proporcional, a mayor presión, mayor es el punto de fusión de las mismas, o, lo que es lo mismo, la cantidad de calor necesario para que estas se fundan, aumenta. De manera inversa, aquellas rocas que se encuentran a una profundidad más superficial, estarán sometidas a una presión de confinamiento menor, y, por lo tanto, el calor necesario para llegar a fundirse será menor. En este punto, las rocas alcanzan la llamada fusión por descompresión. Es precisamente este proceso el que, como se comentó en la introducción, ocurre en los límites de las placas divergentes (Edward & Frederick, 2018).
- *Volátiles:* Otro elemento que interviene en el grado de fusión de las rocas es la presencia de agua en estas. Este elemento químico, al igual que otros muchos

volátiles, ayuda a la fusión de las rocas cuando su temperatura no es lo suficientemente alta. Teniendo en cuenta este concepto, aquellas rocas ricas en agua, van a alcanzar su punto de fusión a una temperatura inferior que aquellas otras pobres en H<sub>2</sub>O. Como dato curioso, se ha demostrado que, incrementando la cantidad de agua en un basalto, solo un 0,1%, el punto de fusión de este puede llegar a disminuir en torno a 100°C. La presencia de volátiles es especialmente importante en los procesos de subducción en los límites de placas convergentes (Edward & Frederick, 2018).

Una vez entendemos cómo es posible que las rocas de la corteza y el manto lleguen a fundirse, es muy importante conocer qué ocurre a lo largo de este proceso. Para ello es imprescindible comprender lo que se denominó como series de reacción de Bowen, en honor al mismo y a su equipo de investigación. Este concepto muestra la capacidad de los distintos compuestos del magma para fundirse y/o para cristalizar formando minerales, atendiendo a los característicos puntos de fusión de cada uno de ellos (Ilustración 5). A medida que la temperatura baja, se separan primero los minerales de alto punto de fusión y poco a poco se van a ir separando otros cuyo punto de fusión es más intermedio, hasta llegar a aquellos, compuestos sólo de sílice (cuarzo), que son los que cristalizan en último lugar. De manera inversa ocurre durante el proceso de fusión, necesitando altas temperaturas para poder fundir el cuarzo y similares (Edward & Frederick, 2018). En la siguiente imagen se plasman las series de reacción de Bowen:



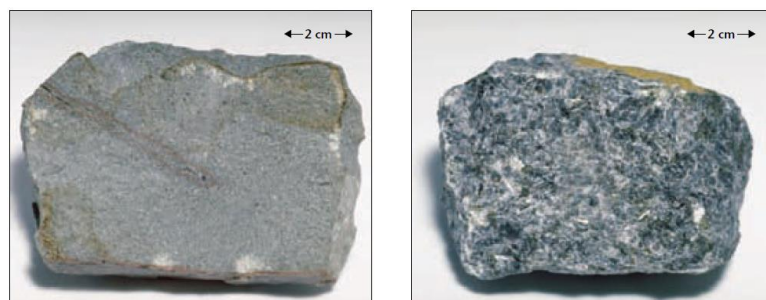
*Ilustración 5.* Series de reacción de Bowen. Relación entre la temperatura y la cristalización de los distintos minerales, en función de los diferentes puntos de fusión de los mismos (Edward & Frederick, 2018).

Las series de Bowen explican un proceso que implica una modificación en la composición del magma primario. A medida que los minerales cristalizan y se separan del mismo, mediante sedimentación cristalina, este origina magmas secundarios con una composición distinta, proceso denominado diferenciación magmática. Durante el ascenso del magma hacia la superficie, y su contacto con rocas colindantes, estas pueden alcanzar sus puntos de fusión e incorporarse al flujo de magma. Este fenómeno recibe el nombre de asimilación, y explica, de nuevo, la acción de las series de Bowen y la diferenciación magmática (Edward & Frederick, 2018).

### Tipos de magma

En base a las aportaciones que Edward y Frederick (2018) desarrollan en su libro, los magmas se pueden dividir en tres grupos característicos, y bien diferenciados, atendiendo principalmente a su composición:

- *Magma basáltico*: El magma basáltico, con una concentración baja en sílice (alrededor del 50%), se obtiene a partir de las peridotitas, que forman la mayor parte del manto superior, y los primeros minerales en cristalizar son los ferromagnesianos. Por lo que, este tipo de magma es considerado como un magma primario, ya que se forma por la fusión directa de esta capa de la tierra, y no deriva de otros magmas ya formados con anterioridad. Para que esto ocurra, se debe producir una fusión por descompresión, donde la presión de confinamiento se vea reducida. Esto ocurre en los límites de las placas divergentes, donde la separación entre ambas, implica el levantamiento del manto, y, por consiguiente, la disminución de presión y la formación de magma basáltico. Este tipo de magma también se origina en las zonas de subducción. Cuando el límite de la placa oceánica subduce, la cantidad de agua presente en ella, favorece la fusión parcial de la misma, como comentamos anteriormente. Algunos ejemplos de rocas derivadas de este tipo de magma son las que aparecen en la Ilustración 6 (Edward & Frederick, 2018).



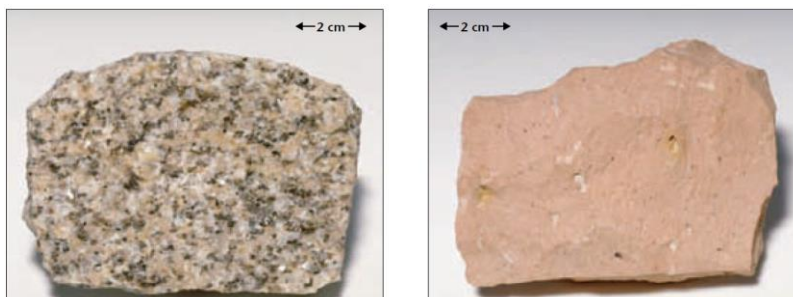
*Ilustración 6.* En esta imagen se puede observar un basalto y un gabro respectivamente, ambas rocas originadas a partir del magma basáltico (Edward & Frederick, 2018).

- *Magmas andesíticos:* Los magmas andesíticos, al contrario de los basálticos, no son magmas primarios, sino que se forman a partir de estos. Estas afirmaciones se apoyan en el hecho de que en las cuencas oceánicas no se forma magma andesítico, sino basáltico. El magma andesítico aparece en los límites de las placas, donde el magma derivado del manto, al ascender hacia la superficie, reacciona con las rocas adyacentes de alto contenido en sílice, presente en la corteza continental. Estos magmas también se pueden originar por diferenciación magmática a partir de un magma basáltico. Los primeros minerales en cristalizar de los magmas basálticos son los ferromagnesianos. Cuando esto ocurre, el magma líquido restante posee mayor concentración en sílice, composición más similar a la andesítica. Este tipo de magma recibe el nombre de magma secundario. La andesita es un claro ejemplo de roca formada a partir de magmas andesíticos (Ilustración 7) (Edward & Frederick, 2018).



*Ilustración 7. Andesita, roca originada del magma andesítico (Edward & Frederick, 2018).*

- *Magmas graníticos:* Estos magmas presentan una concentración de sílice muy elevada (un 70% aproximadamente), además de encontrarse en cantidades demasiado altas como para poder formarse por diferenciación magmática a partir del magma basáltico. Como alternativa, se piensa que podría proceder de la cristalización andesítica o de la fusión de rocas de la corteza continental con alto contenido en sílice. El calor necesario para esta fusión proviene del magma basáltico, que asciende desde el manto hasta la corteza. Por eso son magmas muy raros en las efusiones volcánicas. Es más, cuando el magma primario cristaliza totalmente, va a originar una roca granítica, lo que explica que el granito, sea la roca plutónica más abundante. Por el contrario, la riolita, que sería el equivalente volcánico del granito, es muy poco abundante (Ilustración 8) (Edward & Frederick, 2018).



*Ilustración 8. Granito y Riolita respectivamente. Ambas son rocas que proceden del magma granítico (Edward & Frederick, 2018).*

### Propiedades del magma

Algunas de las principales propiedades del magma, que debemos conocer para poder entender muchos de los procesos en los cuales están implicados, son los siguientes, descritos por Tyrrell (1960) en su obra:

- *Temperatura*: La temperatura a la que se encuentra el magma cuando asciende hasta la superficie ronda los 1.200°C-700°C. El primer dato se corresponde con magmas basálticos, mientras que el segundo dato hace referencia a aquellos magmas ricos en sílice. En estos últimos, a causa de su gran composición en sílice y su baja temperatura, se encuentra el límite respecto a condiciones que debe reunir la lava para dejar de fluir. Dos conceptos muy importantes cuando hablamos de temperatura son: la temperatura del *liquidum*, que es la temperatura a la que el magma no presenta materia sólida, y la del *solidum*, temperatura a la cual, por debajo de ella, todo el magma comienza a cristalizar, dificultando el flujo de la misma. Generalmente la temperatura de la lava no se mide en la fase líquida, sino en la cristalización de sus minerales. Estas mediciones se pueden realizar mediante más de un método, atendiendo a las características de la lava. Hay algunas de ellas que pueden ser medidas en la distancia mediante pirómetros ópticos. Sin embargo, otras como las lavas ácidas cuya viscosidad es alta, solo se pueden medir a la temperatura del *liquidum*. Esto se lleva a cabo fundiendo sus partes sólidas, y la temperatura de la parte líquida obtenida, será similar a la de la parte líquida de la lava.

La principal propiedad térmica de los magmas es la capacidad calorífica (C). Esta indica la cantidad de calor que hay que adicionar a una sustancia para que esta aumente su temperatura 1°C. La capacidad calorífica depende de las siguientes variables:

$$C = Q / \Delta T$$

Donde  $\Delta H$  es la cantidad de calor que se le suministra a la sustancia y  $\Delta T$  es el aumento de temperatura que supone dicha adición. Esta propiedad se mide en unidades del Sistema Internacional con: Julios/K o Cal/°C.

- *Naturaleza físico-química*: Se ha demostrado que la fase líquida del magma no difiere tanto de su porción sólida. No es necesaria la adición de grandes cantidades de calor para que esto ocurra, lo que evidencia que las estructuras de ambos, son muy similares. La diferencia principal está en el ordenamiento de sus átomos y en el grado de unión entre ellos. En las porciones cristalinas hay un mayor número de enlaces entre los átomos, siendo estos más limitados en la fase líquida.

En base a los conocimientos que Edward y Frederick (2018) nos facilitan en su libro, la fase líquida está formada por una serie de iones móviles, principalmente de silicio y oxígeno, los cuales interaccionan entre sí formando sílice. Además, también se forman, aunque en menor medida, potasio, calcio, aluminio, magnesio, hierro y sodio. Por otro lado, la parte sólida del magma se corresponde con aquellos silicatos que han cristalizado, aumentando, como se comentó en el párrafo anterior, el número de enlaces entre sus átomos. Esto origina un aumento de tamaño de los mismos. En el último estadio del enfriamiento, el magma, por lo tanto, es un sólido cristalino, muy poco móvil, debido a la gran cantidad de enlaces presentes, y con una porción líquida (y más móvil) muy limitada.

- *Viscosidad:* La viscosidad es la resistencia que presenta un líquido a fluir, es decir, la cantidad de deformación que sufre dicho fluido en un tiempo determinado. Si un magma es muy viscoso, la deformación producida en un tiempo X será baja. Por el contrario, aquellos otros poco viscosos, opondrán poca resistencia a fluir y la deformación será elevada. Para conocer la viscosidad en un magma es fundamental determinar la temperatura a la que se encuentra y la composición química. En menor medida también influyen los volátiles y la presión. Esta propiedad se expresa mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \eta \dot{\epsilon}$$

donde  $\sigma$  indica el esfuerzo tangencial,  $\eta$ , el coeficiente de viscosidad propio de cada fluido y  $\dot{\epsilon}$ , la velocidad con la que se deforma dicho fluido.

La viscosidad de un magma depende de la cantidad de sílice que lo componga, además de otros elementos como aluminio y potasio, aunque en menor medida. Aquellos magmas ricos en estos elementos, serán más viscosos que los que carezcan de los mismos. El motivo de este proceso se debe a los enlaces que se producen entre las partículas de sílice, los cuales favorecen la formación de largas cadenas, a veces incluso antes de la cristalización, dificultando la fluidez del magma.

Respecto a temperatura, cuando esta aumenta, la lava es mucho más móvil. Por el contrario, a medida que baja la temperatura de la lava y esta empieza a enfriarse, su movilidad se ve comprometida y el flujo disminuye de manera considerable, hasta llegar incluso a detenerse en casos extremos. Evidencias que fundamentan este hecho es que grandes descensos en la temperatura propician la separación de los compuestos ferromagnesianos, favoreciendo la riqueza en sílice y aumentando la viscosidad.

Por último, comentar que la presencia de gases incrementa la fluidez del magma, disminuyendo la viscosidad del mismo.

- *Efectos del enfriamiento en la cristalización:* Cuando el magma se encuentra en estado líquido y presenta una concentración de cristales muy reducida, este puede ser deformado con cierta facilidad, sin esfuerzos extremos, por flujo viscoso (este tipo de deformación aparece en aquellos materiales sometidos a temperaturas extremadamente elevadas y alcanzan un comportamiento más o menos plástico). Sin embargo, cuando la temperatura se reduce y comienza a cristalizar el magma, se produce un incremento en las tensiones internas y, a su vez, en la viscosidad y la densidad del mismo. Cuando más de la mitad del magma ha cristalizado, son necesarios esfuerzos abruptos para que la parte que permanece líquida del magma, siga pudiendo ser deformada por flujo viscoso, siendo necesario superar el umbral de elasticidad de la misma. Si sigue aumentando la cristalización, llega un momento en el que tal materia sólida se vuelve frágil ante esfuerzos cortos en el tiempo y, elástica cuando su contacto con el magma líquido se prolonga.

La velocidad de enfriamiento del magma depende, además de la profundidad en la que se encuentre, del tamaño del cuerpo y de la cantidad de agua que posea. En relación a la presencia de volátiles en el magma, estos van a retardar la cristalización, alargando este proceso. Además, cuando el magma alcanza la superficie, se produce un enfriamiento muy rápido en el mismo, el cual impide la formación de cristales.

- *Densidad:* Esta propiedad es una de las más importantes en lo que respecta al comportamiento químico del magma. La densidad a la que se encuentra un magma es de un 2,2 a un 3,1 g/cm<sup>3</sup> y depende tanto de la composición, como de la presión y la temperatura, aunque el más importante de ellos sigue siendo la composición. La densidad puede verse comprometida según la concentración de hierro que presente la fase líquida. Los cristales que llegan a esta fase de forma temprana, tienden a tener mayor densidad que la parte fundida rica en silicatos, de la cual proceden. Este es el motivo por el cual los compuestos que cristalizan, se depositan en el fondo de la cámara magmática, por acción de la gravedad. La densidad es distinta en el magma, lava, o rocas. De forma general, el magma posee una densidad inferior a la de la roca caja. Este es uno de los motivos por el cual tiene la capacidad de ascender hacia la litosfera.

### 2.2.2. Materiales expulsados por los volcanes.

Durante una erupción volcánica, y en base a los conocimientos que nos proporcionan Edward y Frederick (2018), son expulsados a la superficie grandes coladas de lava, materiales piroclásticos; entre ellos, polvo, cenizas y fragmentos de rocas, y, por último, gases:

- *Coladas de lava:* Las coladas de lava se clasifican en función de su composición. Estas pueden estar formadas en su mayoría por basaltos, andesitas o compuestos ricos en sílice. De toda la lava presente en la Tierra, se cree que solo el 1% del volumen total corresponde a lava rica en sílice. En contraposición, casi el 90% se ha identificado como lava basáltica. El restante pertenece a lava andesítica. El movimiento o fluidez de las lavas es proporcional a su contenido en sílice, motivo que explicaremos más adelante. Aquellas lavas cuyo contenido en sílice es superior, tienen una fluidez ralentizada, no llegando a desplazarse más de unos pocos kilómetros desde sus chimeneas. Por el contrario, la lava rica en basalto, tienen una fluidez de entre unos 100-300 metros/hora, incluso en algunos casos han llegado a desplazarse hasta 30 Km/hora, alcanzando, en ocasiones muy específicas, en torno a los 150 Km de distancia hasta llegar a enfriarse (Edward & Frederick, 2018).

- *Materiales piroclásticos:* La liberación de estos materiales, de forma habitual, acompaña a la expulsión de magmas riolíticos y, por el contrario, es difícil encontrarlos en una erupción en la que abunda el magma basáltico. Los magmas riolíticos son magmas densos, en los cuales abunda la cantidad de gases disueltos. Durante una erupción volcánica, estos gases se liberan de forma violenta, expandiéndose y expulsando a su paso grandes cantidades de roca en polvo, cenizas, lava y estructuras cristalizadas. El conjunto de todas estas partículas recibe el nombre de *material piroclástico*. Como hemos comentado, este material está compuesto por partículas cuyo diámetro puede variar desde los 2 milímetros, como son el polvo y ciertas cenizas, pasando por estructuras cuyo tamaño ronda el de una nuez o una canica, llamados lapilli, hasta llegar a partículas donde el tamaño supera los 64 mm. Estos últimos reciben el nombre de bloques o bombas, dependiendo de si su lava se encuentra solidificada o incandescente, respectivamente. Además de por el tamaño de los



*Ilustración 9.* Esta imagen muestra una escoria, material piroclástico caracterizado por la presencia de vesículas o huecos, producto del magma basáltico (Edward & Frederick, 2018).

materiales piroclásticos, también se pueden clasificar por la composición y textura de los mismos. Aquellos materiales procedentes de magmas basálticos y de textura vesicular (con perforaciones), reciben el nombre de *escoria* (Ilustración 9), los cuales suelen presentar un color más oscuro. Por otro lado, aquellas partículas vesiculares abundantes en sílice, se denominan *pumitas* y su color es menos intenso (Edward & Frederick, 2018).

- **Gases:** Durante el confinamiento del magma, y debido a las altas presiones, los gases se encuentran disueltos en dichos magmas. A medida que la presión disminuye, fenómeno que coincide con el ascenso del magma hacia la superficie, los gases presentes comienzan a escapar. De forma genérica, se estima que la cantidad de gases presente en los magmas ronda entre un 1-6% en peso, de tales magmas. Aunque pueda parecer una cifra pequeña a simple vista, esta cantidad representa una liberación de gases a la superficie de varios miles de toneladas/día. Por este motivo, es importante conocer la composición de estos gases, ya que ellos, pasarán a formar parte de la atmósfera y, en cierto modo, determinarán la composición de la misma. Se ha demostrado que la mayor parte de estos gases se expulsan en forma de vapor de agua (70%) y dióxido de carbono (15%). En menor medida se libera dióxido de azufre y nitrógeno, en torno a un 5% cada uno de ellos. Por último, en cantidades poco apreciables pueden encontrarse gases como cloro, argón, o hidrógeno (Edward & Frederick, 2018).

## **2.3. Tipos de erupciones**

### **2.3.1. Vulcanismo explosivo. Acontecimientos históricos.**

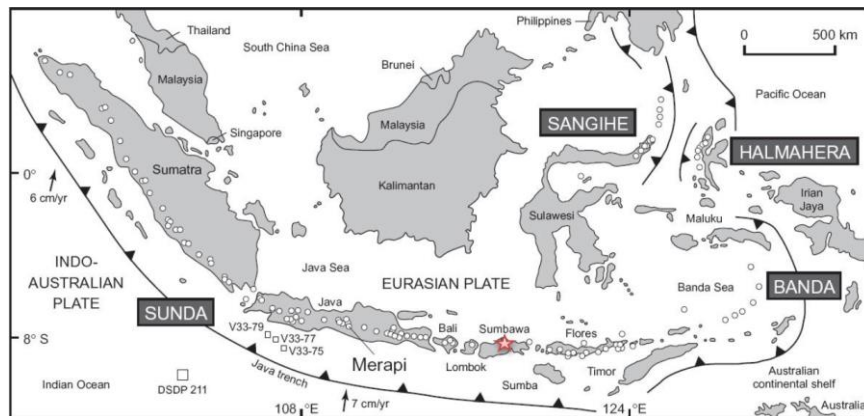
Las erupciones explosivas consisten en una liberación brusca del magma, acompañada de gases, polvo y cenizas. En este tipo de erupciones, durante el ascenso del magma, los gases empiezan a formar pequeñas burbujas que terminarán originando un chorro de gas con pequeñas inclusiones de vidrio. Esta liberación de gas a presión es la que produce la explosividad de la erupción. Dichas erupciones pueden ser extremadamente violentas o, por el contrario, mucho menos agresivas. Por lo tanto, ¿qué determina que una erupción volcánica explosiva sea más o menos intensa? Los principales factores implicados en este proceso son la temperatura del magma, su composición y la cantidad de gases disueltos en este. Todos estos factores están relacionados con la viscosidad del magma. De esta forma, a más viscosidad, más resistencia a fluir y, proporcionalmente, más explosividad durante una erupción (Edward & Frederick, 2018).

Algunos ejemplos sobre este violento fenómeno son las erupciones del Tambora, la del Pinatubo y la del Vesubio, las cuales serán desarrolladas a continuación. Los efectos de estas erupciones volcánicas pueden comprometer de forma bastante notoria al medio

ambiente, destacando las influencias sobre el cambio climático. Es muy importante para poder conocer dichas influencias algunos factores como la carga total de polvo depositado en la atmósfera, su naturaleza y la zona geográfica y atmosférica del volcán que entro en erupción, siendo esta última de vital importancia debido al movimiento de las partículas en base a las corrientes atmosféricas. Según Cano (1994), el climatólogo Murray Mitchel, afirma que el 10% de las partículas suspendidas en la atmosfera provienen de erupciones volcánicas de todo el mundo.

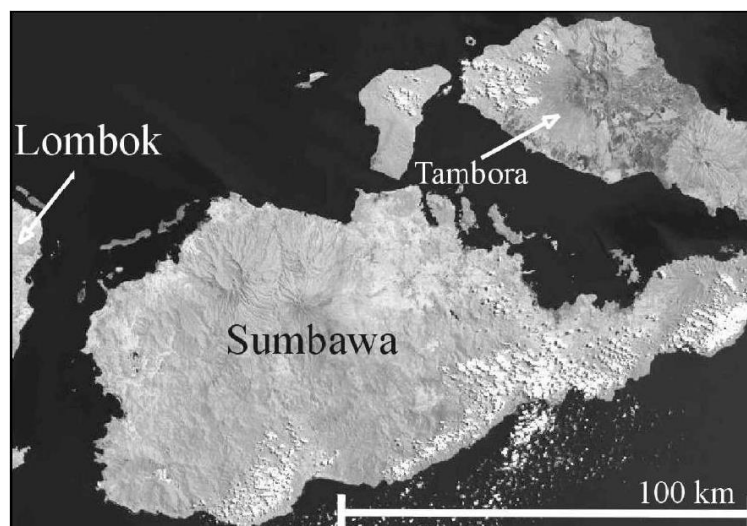
### Erupción del Tambora

El origen de este volcán, además del resto de ellos pertenecientes al arco Suda (Ilustración 10), surgen por la subducción de la placa Indo-australiana en la placa Euro-asiática, convergiendo a una velocidad de entre 7-7,8 centímetros al año (Vergara, 2014).



*Ilustración 10.* Representación del arco Suda, al cual pertenece el volcán del Tambora, representado con una estrella roja en la ilustración (Vergara, 2014).

Este proceso de subducción formó una península a la que se denominó Sanggar, al norte de Sumbawa, en Indonesia, donde se encuentra el Tambora (Ilustración 11). Según datos propuestos por Vergara (2014), con 60 km de diámetro en su base y con casi 4000 metros de altitud, este volcán, presentaba una gran vegetación y flora tropical antes del gran acontecimiento (Cano, 1994). En abril del año 1815 este gran cráter entro en erupción, disminuyendo su altura a la actual, 2851 metros y formando una caldera de más de 1000 metros de profundidad y 6 kilómetros de diámetro (Vergara, 2014).

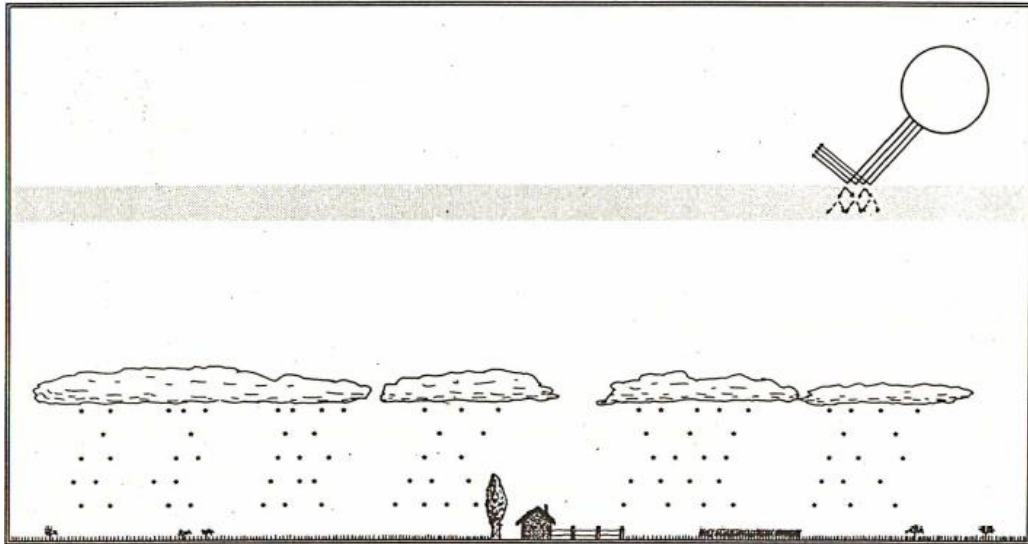


*Ilustración 11.* Volcán del Tambora en la península de Sanggar, al norte de Sumbawa (Vergara,2014).

La gran explosión que originó, se escuchó aproximadamente a 2500 kilómetros de distancia y su depósito de vertidos a la atmósfera fue de 1.700.000 toneladas. Estos vertidos, entre ellos polvo y cenizas, llegaron a alcanzar 40 km de altura, lo que originó que el día se hiciese noche desde el origen de la erupción hasta 600 km de radio alrededor del volcán (Cano, 1994).

La gran liberación de polvo y azufre, formó una capa de aerosol en la atmósfera. Información proporcionada por Vergara (2014) indica que la cantidad de S producida alcanzó las 60Tg (1Tg =  $10^{12}$  gr), superando con creces a la liberación de azufre durante el Pinatubo, la cual actuó a forma de pantalla, impidiendo la incidencia directa de los rayos solares, reflejándolos e impidiendo su penetración en la atmósfera (Ilustración 12). Este fenómeno condujo al enfriamiento de la superficie terrestre que originaría grandes nubosidades acompañadas de fuertes lluvias y nieve, y a grandes heladas. La situación se agravó debido a los fuertes vientos, que originaron el desplazamiento de estas nubes de polvo a lo largo y ancho de todo el planeta, produciendo una bajada de temperatura generalizada en numerosas partes del globo terráqueo, llegando a alcanzar una disminución de la temperatura de hasta 2,5°C en 1816, año en el que las consecuencias de esta erupción se vieron incrementadas. Durante este año, en Europa, las lluvias fueron incesantes desde mayo hasta octubre, por ese motivo fue denominado “el año sin verano” (Cano, 1994).

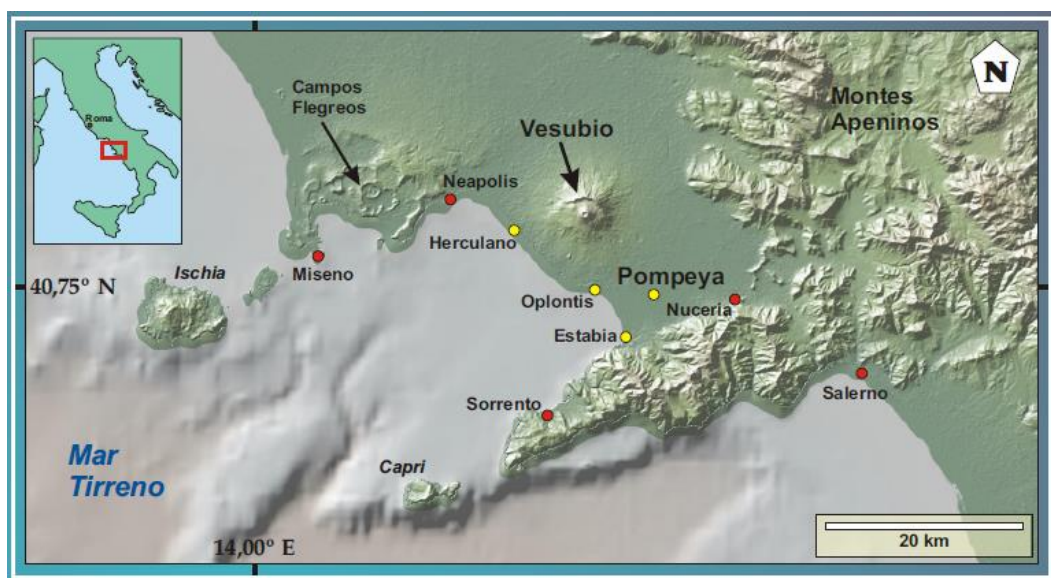
En el gráfico esquemático obtenido del artículo de Cano (1994), se muestra el efecto pantalla ocasionado por la capa de polvo generada por la erupción volcánica del Tambora y cómo esta aumenta la nubosidad y sus consecuencias.



*Ilustración 12.* Efecto pantalla producido por la capa de cenizas liberadas durante la erupción del Tambora (Cano, 1994)

### Erupción del Vesubio

El origen de este acontecimiento tiene lugar en el monte Somma. En él se formó una caldera y su correspondiente cono, al que se le denominó, Vesubio (Ilustración 13). Este volcán se encuentra activo desde hace muchos años. Los primeros datos recogidos hacen referencia a unos 400.000 años atrás, momento en el que ya parecían producirse coladas de lava. En la actualidad se han encontrado fósiles de las mismas junto con restos de sedimentos marinos. La actividad incesante de este volcán y su depósito constante de lava y otros materiales magmáticos han determinado su actual altura, 1.281 metros por encima del nivel del mar (Di Vito, 2007).



*Ilustración 13.* Localización geográfica del Vesubio (Soto, 2015).

Si bien este ha sido un volcán bastante activo a lo largo de la historia, la erupción más reciente fue la del 79 d.C. Esta erupción se registra como una de las más violentas a lo largo de la historia. En ella perdieron la vida numerosas personas en un lapso de tiempo de dos días y 2000 solo en unas pocas horas. La expulsión de material piroclástico supero los 4 km<sup>3</sup>, caracterizado por elevadas cantidades de pumita y nubes de ceniza que se desplazaron hacia el sureste, arrasando a su paso las ciudades de Herculano y Pompeya (Di Vito, 2007).

Según el mismo autor nombrado hasta ahora en la descripción de la erupción del Vesubio, Di Vito (2007), en base a los diferentes materiales expulsados durante la erupción, divide este acontecimiento en tres periodos distintos, en los que cada uno de ellos se caracteriza por una serie de fenómenos:

- *Fase de apertura freatomagmática:* La erupción del Vesubio comienza el 24 de agosto a partir de explosiones freatomagmáticas (erupciones producidas por la interacción entre magma y agua). Con estas, se abre el canal magmático y se comienzan a verter cenizas como consecuencia de la expulsión de lapilli.
- *Fase magmática Pliniana:* Durante esta fase se liberó un 80% del total de producto magmático guardado en el interior del volcán. Se produjo la formación de una columna eruptiva que alcanzó una altura de 30 kilómetros, dando lugar a una nube de cenizas que poco a poco se fue dispersando en dirección sureste. La liberación del magma produjo la expulsión de cantidades elevadas de piroclastos, formados en su mayoría por pumita blanca. Estos alcanzaron una velocidad aproximada de 15cm/h, y un espesor en sus depósitos de hasta 2 metros de altura. Tal cantidad de piroclasto se depositó sobre las ciudades cercanas de Herculano y Pompeya, que, junto con la gran cantidad de cenizas, quedaron sepultadas. Se estima que la nube de cenizas y piroclastos alcanzó en primer lugar a la ciudad de Herculano, debido a los pocos sobrevivientes que constaron en el registro histórico, el cual incluye información como p.ej. que los habitantes para poder sobrevivir a este hecho, colocaban almohadas atadas a sus cabezas, y así poder amortiguar la violencia en la caída de las pumitas. Si bien este hecho fue devastador para estas ciudades, por el que murieron gran cantidad de ciudadanos, no todo acababa aquí.
- *Fase freatomagmática final:* La mañana del 25 de agosto se produce el colapso de la caldera, que, junto con la entrada de fluidos externos, lluvias desencadenadas por el cambio climático, consecuencia de esta erupción, favoreció la formación de una corta columna eruptiva. Esta liberó de nuevo un predominante flujo piroclástico acompañado de una gran expulsión de gas, que recorrió una distancia de unos 15 kilómetros aproximadamente desde el foco de la erupción.

Si hubo ciudadanos capaces de sobrevivir a la caída de pumitas y ceniza, su suerte se vería revertida por este hecho. La mayoría de los habitantes fallecieron por una devastadora nube ardiente, que provocó la muerte instantánea de gran parte de estas poblaciones. De forma simultánea, las cenizas continuaban cayendo y, debido a las lluvias, dichas cenizas cimentaron sobre los cuerpos aun sin descomponer, dejando enterradas y ocultas estas poblaciones y siendo diecisiete siglos después, cuando, retirando las cenizas, desenterrarían y descubrirían restos de la erupción del Vesubio donde se podían observar cavidades vacías por la descomposición de toda la materia orgánica, que, casi 18 siglos después fueron inyectados con escayola, la cual rellenaba todos los huecos, de modo que se podía reproducir el vaciado del molde donde habían quedado grabados todos los rasgos corporales de las víctimas (Ilustración 14).

Estos descubrimientos evidenciaron que exactamente, fue aquella nube ardiente la que produjo la inmensa mayoría de las muertes, ya que los moldes encontrados indicaban que, los que fueron sus habitantes por aquel entonces, se encontraban durmiendo cuando se produjo el suceso, siendo tan rápidas las muertes que impidió el movimiento de los mismos. Además, se pueden apreciar las expresiones faciales, y como muchas de ellas, se llevaban las manos a la cara para intentar evitar la asfixia (Edward & Frederick, 2018).

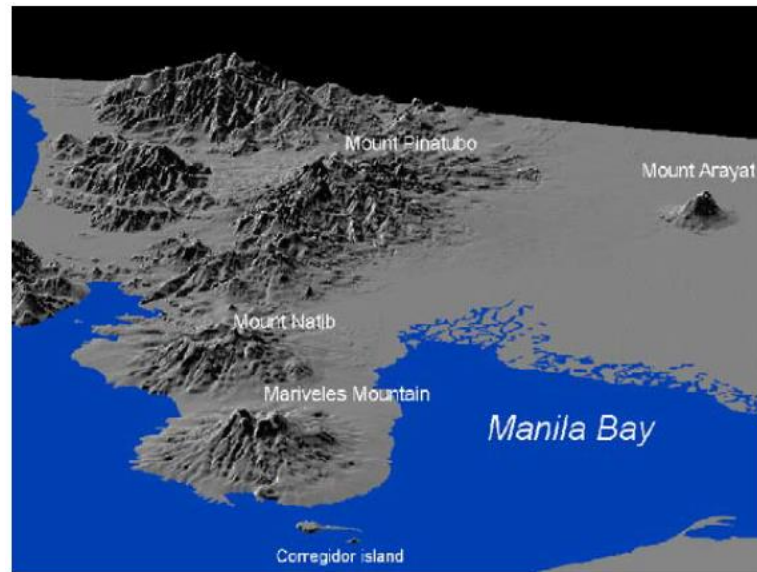


*Ilustración 14. Vaciados procedentes de los moldes de los cuerpos sepultados por la nube ardiente y las cenizas (Petrone, 2019).*

### Erupción del Pinatubo

El volcán Pinatubo pertenece a una cadena montañosa situada en el archipiélago volcánico de Luzon, una isla de Filipinas (Ilustración 15). Esta cadena montañosa se denomina Zambales que se encuentra a unos 80 kilómetros de distancia de la capital de Filipinas, Manila. Además, se cree que es el monte más joven de todos en esta cadena montañosa. Según información proporcionada por Daag y Van Westen (1996) y en base a dataciones en K-Ar (mediciones de la antigüedad de las rocas utilizando isótopos

radiactivos como el potasio y el argón), la edad de este volcán ronda los 1.1 millones de años.



*Ilustración 15. Panorámica tridimensional de la isla de Luzon (Daag & Van Westen, 1996).*

Este volcán entro en erupción el 3 de junio de 1991. Comenzó vertiendo pequeñas cantidades de ceniza y progresivamente fue aumentando la intensidad de su capacidad explosiva, hasta el 15 de junio de 1991, momento en el que alcanzó su máxima virulencia, expulsando una columna de magma y materiales piroclásticos de hasta 30 kilómetros de altura. Este volcán siguió activo hasta finales de agosto de este mismo año, decreciendo, día tras día, su explosividad y disminuyendo progresivamente su agresividad. En el conjunto de estos 3 meses, llegó a liberar alrededor de 6.83 km<sup>3</sup> de materiales piroclásticos, dificultando la supervivencia de los territorios próximos a él (Daag & Van Westen, 1996).

El 15 de junio citado, el Pinatubo pudo expulsar a la superficie, solo en un transcurso de tiempo de 15 horas o menos, alrededor de 20 millones de toneladas de SO<sub>2</sub> (Ilustración 16). Esta nube de gas fue expandiéndose por la estratosfera terrestre, acontecimiento que se ha podido observar muy de cerca mediante estaciones e instrumentos orbitales, alcanzando alturas de hasta 26 kilómetros.

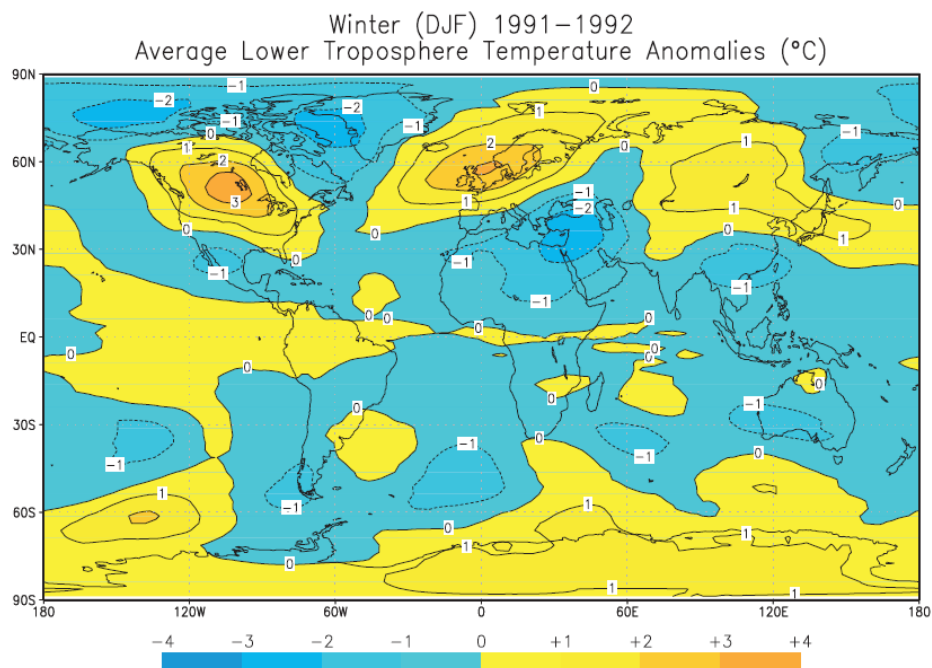


*Ilustración 16. Nube de gas y cenizas expulsada durante la erupción del Pinatubo (Sebastián & Benavides, 2013).*

Los meses inmediatamente posteriores a este y otros sucesos similares, se produce un fenómeno espectacular respecto a belleza, visto desde la superficie terrestre, y producido por la dispersión de la radiación solar (Gil & Yela, 1994). Aunque bello a la vista, se trata de un fenómeno perjudicial para la vida. La formación de aerosoles a partir del  $\text{SO}_2$  liberado en la atmosfera produce una alteración en la distribución vertical de los rayos solares en los momentos de crepúsculo. Como indican Brasseur y Granier (1992), esta alteración en la radiación solar causa calentamiento en la estratosfera inferior y enfriamiento en la troposfera, provocando modificaciones en la circulación de aire en la atmosfera, y, por lo tanto, comprometiendo las condiciones climáticas.

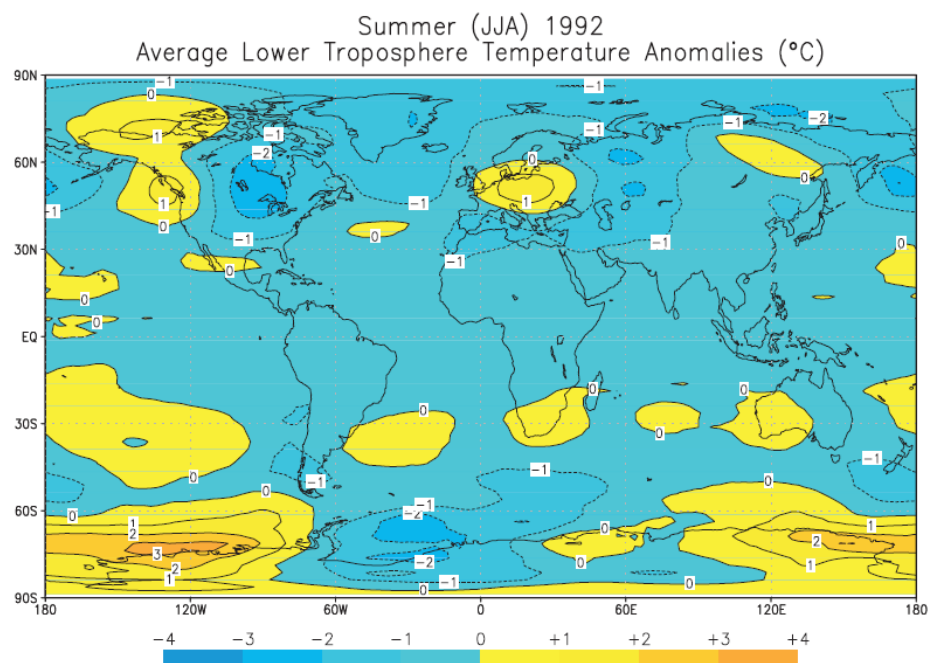
En las siguientes imágenes se observan los cambios a nivel de temperatura producidos durante los meses posteriores a la erupción del Pinatubo. Concretamente hacen referencia a la estación de invierno de 1991-1992 y verano de este último año. Para comparar estas anomalías en la temperatura, se han cogido como referencia, datos de la media de temperatura obtenidos durante los años de 1984 hasta 1990. (Robock, 2003)

La ilustración 17 muestra como durante el invierno posterior a la erupción, a nivel estratosférico se produjeron incrementos en la temperatura de 1-3 °C, sobretodo, por Norteamérica y el norte de Europa. Respecto a disminuciones de temperatura en la troposfera, tuvo una menor incidencia, afectando, sobretodo, a zonas del norte y del ecuador del planeta (Robock, 2003).



*Ilustración 17.* Modificaciones en la temperatura durante el invierno posterior a la erupción del Pinatubo (Robock, 2003).

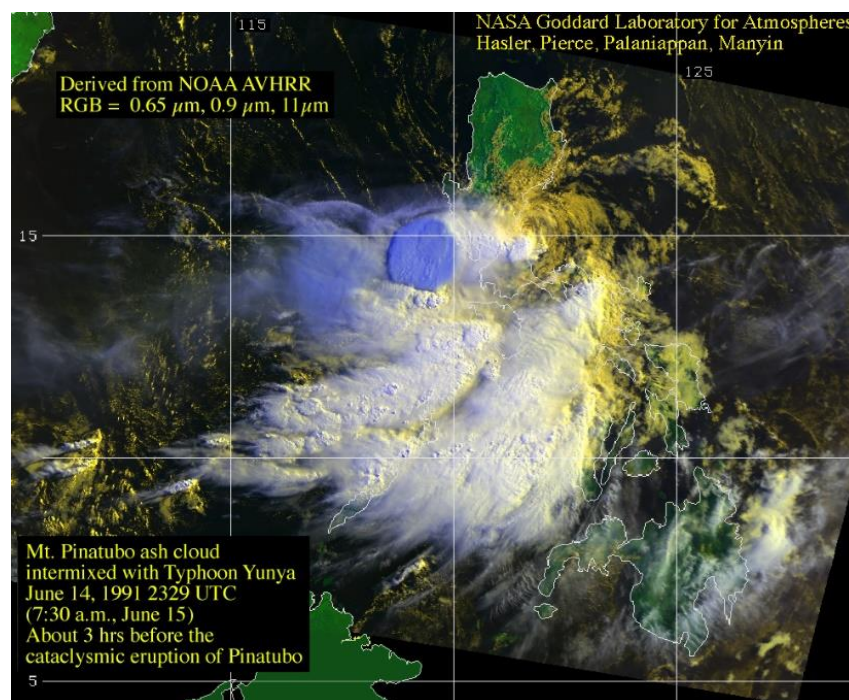
En la ilustración 18 se recogen las anomalías climatológicas, producidas por la erupción del Pinatubo, que perduraron hasta verano de 1992. Como se puede apreciar, la repercusión de este fenómeno se extendió en el tiempo, aunque fue normalizándose poco a poco la temperatura en los distintos lugares del globo terráqueo (Robock, 2003).



*Ilustración 18.* Modificaciones en la temperatura durante verano de 1992, año posterior a la erupción del Pinatubo (Robock, 2003).

Otro factor en riesgo por las altas concentraciones de compuestos de azufre es la capa de ozono. La presencia elevada de estos propicia que la capa de ozono sea más sensible ante las moléculas de cloro presentes en la atmósfera y, por ende, haya una mayor destrucción de la capa de ozono favorecida por los residuos antropológicos. (Brasseur & Granier, 1992).

Un hecho de extrema importancia en el desencadenamiento de todas estas consecuencias climatológicas, nombrado por Sebastián y Benavides (2013) en su trabajo, fue la coincidencia de la erupción del Pinatubo con el tifón Yunya (Ilustración 19). El 14 de junio de 1991 dicho tifón se aproximaba rápidamente hacia el monte Pinatubo. En este momento ya se predijo que la participación simultánea de estos dos procesos naturales, sería una catástrofe devastadora, y así fue. La acción del tifón ayudó a que la distribución de las cenizas producidas por la erupción fuese mucho más rápida y, además, propició que estas se extendiesen a muchas más zonas del globo terráqueo, agravando considerablemente todas las consecuencias mencionadas anteriormente.



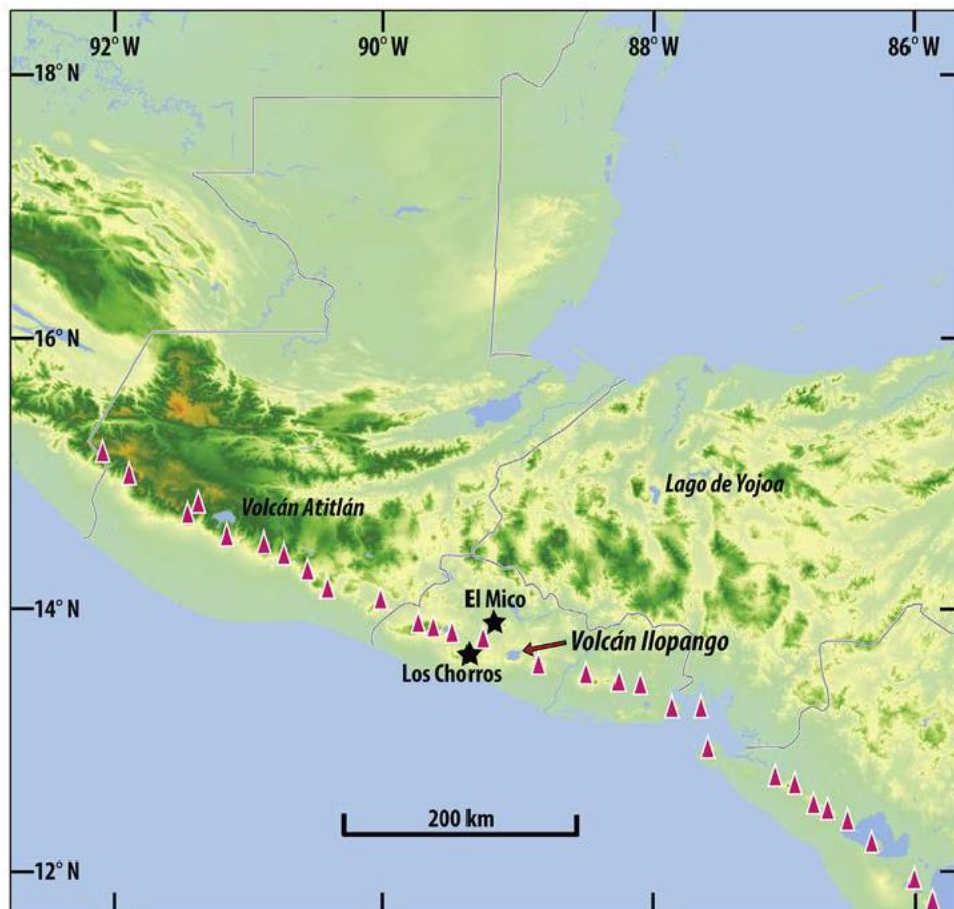
*Ilustración 19.* Tifón Yunya horas antes de producirse la erupción del Pinatubo (Hasler & Palaniappan, 1991).

### Erupción del Ilopango

Durante mucho tiempo, expertos en la materia han observado evidencias que concluían un hecho de elevada importancia en la historia de la Tierra. Este hecho consistía en un cambio drástico en la temperatura de la misma, que alcanzó descensos de temperatura de hasta 15°C en el siglo VI. Esta probablemente ha sido la mayor anomalía climatológica

estudiada hasta el momento. Pero, a pesar de las numerosas preguntas que han surgido alrededor de este fenómeno, nunca pudieron concretar con certeza a qué fue debido, ningunas de las hipótesis postuladas tenían fundamentos suficientes como para poder ser evidenciadas. Hasta hoy. Un reciente estudio realizado por Dull et al., (2019) ha podido dar respuesta a todas estas preguntas, y disuadir todas las dudas que iban de la mano de este suceso. Para ello es imprescindible conocer ciertos datos sobre el volcán Ilopango.

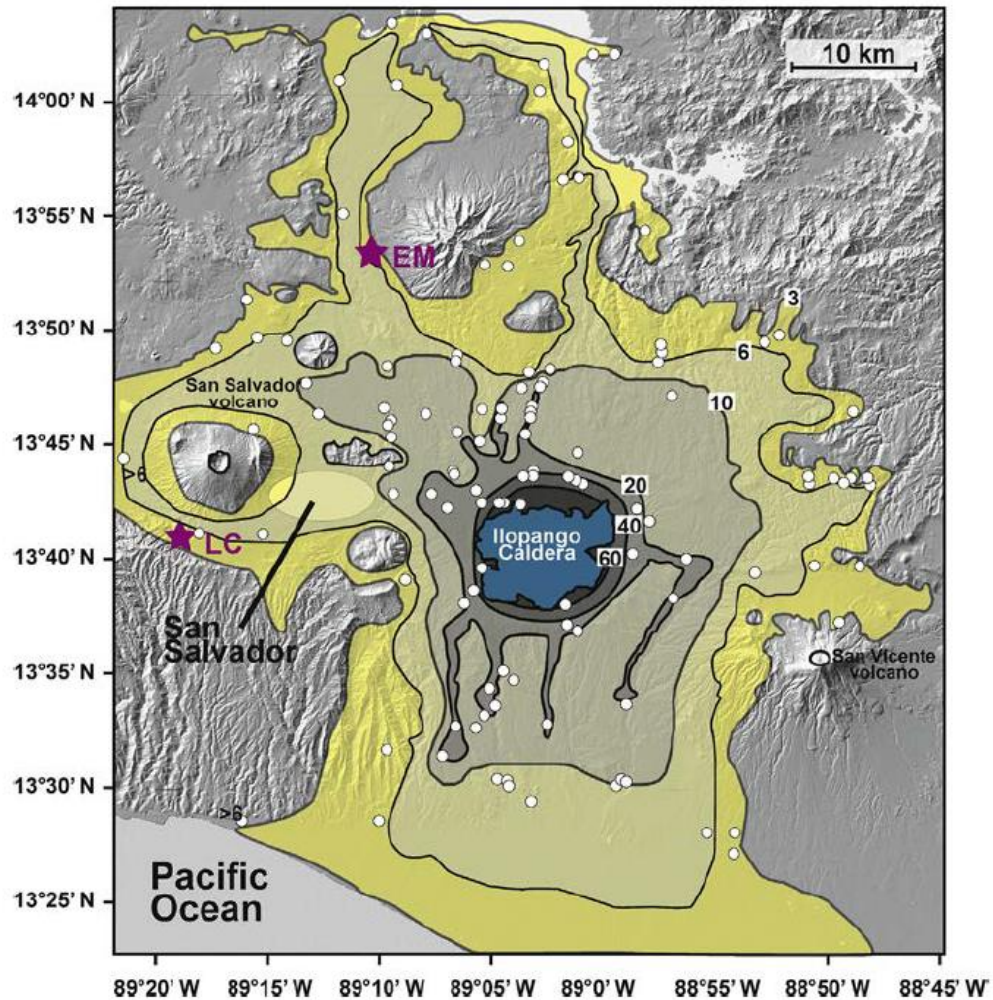
El volcán Ilopango se encuentra en El Salvador, país de Centroamérica característico por la presencia del Arco Volcánico Centroamericano. Este volcán se sitúa al noreste de este Arco, el cual se formó a finales del periodo Cuaternario (Ilustración 20) (Dull et al., 2019).



*Ilustración 20.* Localización geográfica del volcán Ilopango (Dull et al., 2019).

Se conoce que el volcán Ilopango entro en erupción en el siglo VI, periodo en el que aun aquellos territorios estaban habitados por los mayas. Pero hasta la actualidad, este dato y su concreción más exacta, se desconocía. Este fenómeno fue extremadamente violento, llegando a alcanzar la columna de magma, hasta 50 km de altura, liberando a su vez, grandes cantidades de gases y materiales piroclásticos, los cuales se extendieron posteriormente hasta una distancia de 20.000 kilómetros cuadrados a la redonda, como

se puede apreciar en la Ilustración 21. Todo este proceso originó una formación rocosa denominada “Tierra Blanca Joven” (Dull et al., 2019). En la actualidad este volcán se encuentra cubierto por un gran lago que, en su honor, recibe el mismo nombre, Lago Ilopango.



*Ilustración 21.* Distribución y extensión alcanzada por el magma y los materiales piroclásticos liberados tras la erupción del Ilopango (Dull et al., 2019).

Pues bien, durante el estudio de Dull et al., (2019) se analizaron distintas zonas de la denominada Tierra Blanca Joven, tal como plasman algunas imágenes de la Ilustración 22. A lo largo de las mismas, encontraron enterrados algunos troncos de árboles, concretamente en las zonas que aparecen marcadas con una estrella, tanto en la ilustración 11 como en la 12, advirtiéndole que fueron zonas que quedaron sepultadas por las cenizas y materiales piroclásticos de la erupción.



*Ilustración 22. Zonas de excavación llevadas a cabo durante el estudio y muestreo de troncones encontrados durante las mismas (Dull et al., 2019).*

Las plantas leñosas tienen la fascinante capacidad de proporcionarnos información sobre la edad de las mismas, a través del estudio de sus anillos de crecimiento, ciencia conocida como dendrocronología.

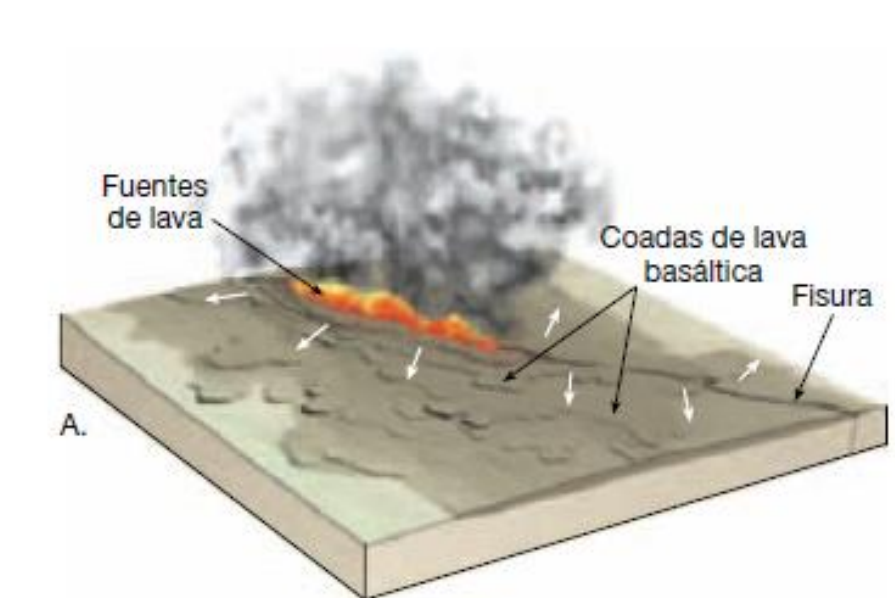
Conociendo estos datos, no hay más que decir que encontrar estos troncones en las zonas de estudio supuso un punto de inflexión en el mismo. Analizaron los anillos de crecimiento y los sometieron a dataciones de carbono 14, extrayendo información tan valiosa como que dichos troncones murieron entre el año 500-545. Si la concreción de estos datos ya resulta digna de admirar, más aún lo es dar con el año exacto de la erupción volcánica, año 539, dato que han obtenido mediante el análisis de una serie de modelos atmosféricos (Dull et al., 2019).

Ahora que sabemos que ambos sucesos, el enfriamiento global y la erupción del Ilopango, coinciden en el tiempo, no puede haber respuesta distinta a la ya intuida. Definitivamente, fue la erupción volcánica de este volcán la que desencadenó el gran enfriamiento a escala global, corroborando una vez más, como los fenómenos naturales son capaces de propiciar situaciones tan extremas que pueden comprometer la historia de nuestro planeta.

### **2.3.2. Vulcanismo fisural. Acontecimientos históricos.**

Lejos del vulcanismo explosivo, se encuentra el vulcanismo fisural. Estos tipos de volcanes no representan la estructura típica que conocemos con este nombre, ya que no forman el cono característico de los volcanes, ni la chimenea central. Los volcanes

fisurales son fracturas en la corteza, continental u oceánica, denominadas fisuras. Estas grietas permiten la salida masiva de magma basáltico, ya que, como hemos visto a lo largo del tema, su viscosidad es menor y esto aumenta la movilidad del mismo, permitiendo, de esta forma, que su fluidez sea tal como para poder expulsarse por dichas grietas (Ilustración 23). El espesor de estas coladas magmáticas puede llegar hasta los 50 metros y alcanzar una distancia de viaje de cientos de kilómetros, pues la cantidad de lava expulsada puede alcanzar millones de metros cúbicos. Estas coladas reciben el nombre de basaltos de inundación. Como consecuencia de este afloramiento abundante de lava, se forman llanuras basálticas, usuales en algunas partes de la Tierra. Dos grandes ejemplos de estas erupciones son los Traps del Decan y Siberianos (Edward & Frederick, 2018).



*Ilustración 23.* Representación de una erupción fisural (Edward & Frederick, 2018).

### Traps Siberianos

Los Traps Siberianos presentan la mayor extensión de basaltos hasta ahora conocidos. Estos están formados por grandes llanuras de lava basáltica y materiales procedentes de los flujos piroclásticos. Además, originan una estructura que consiste en depósitos de material ígneo, horizontal y paralelo a rocas más antiguas, dando lugar a laminas intercaladas de material magmático; los sills (Romero, 2017).

Según Romero (2017), el volumen de materiales procedentes de esta erupción obedece a cifras de entre 2 a  $5 \times 10^6$  km<sup>3</sup>, cantidades de material inmensamente elevadas que solo se pueden explicar debido a la enorme duración en el tiempo de estas erupciones. De esta forma, las primeras erupciones datan, en este caso, de hace 252,27 Ma, coincidiendo con finales del Pérmico, y se extendieron hasta principios del periodo del Triásico, que comenzó hace 251.902 Ma, de acuerdo con la escala Cronoestratigráfica

Internacional. Como se puede apreciar, coinciden con la gran extinción del Pérmico-Triásico (P-T), que se ha datado justo en ese límite, es decir, unos 500000 años antes de que concluyesen las erupciones Siberianas. Por este motivo, se piensa que esta constante repetición de fenómenos eruptivos a lo largo del tiempo, fueron los desencadenantes de dicha extinción masiva (Romero, 2017).

Esta erupción liberó al medio grandes proporciones de gases, entre ellos, CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, además de halógenos y otros compuestos tóxicos. Como consecuencia inicial de la expulsión de SO<sub>2</sub> a la atmosfera, se produjo un enfriamiento a nivel global durante miles de años. De manera similar a la erupción del Tambora, el exceso de SO<sub>2</sub> en el medio genera un efecto pantalla en la atmosfera, impidiendo que las radiaciones solares penetren y, por lo tanto, enfriando la superficie terrestre (Romero, 2017).

Por otra parte, posteriormente, el exceso de CO<sub>2</sub> en el medio, producido por una desgasificación del magma, conllevó a un calentamiento global debido a su influencia sobre el efecto invernadero. Se calcula que las cantidades de CO<sub>2</sub> liberadas fueron de 18000 Gt en 600000 años, 15 veces superiores a las emisiones actuales producidas por el hombre. En base a un análisis de datos de isótopos del oxígeno, se calculó que la temperatura pudo haber aumentado alrededor de 6°C. Además del efecto invernadero, estas emisiones originaron otras repercusiones a nivel climático, como la acidificación de los océanos, la falta de oxígeno en los mismos, la lluvia ácida o el aumento en los niveles del mar (Romero, 2017).

El efecto de los gases halogénos, tales como flúor, cloro o bromo, también favorecieron el efecto invernadero, sobre todo el cloro, reduciendo la capa de ozono. Además, se piensa que fueron partícipes en la formación de lluvia ácida. Por otro lado, el acúmulo de ciertos elementos pesados (hierro, mercurio, manganeso...), influyeron en la destrucción y extinción de organismos tanto terrestres como marinos. En concreto se han detectado cantidades de mercurio de 0.005 a 0.010 µg g<sup>-1</sup>, mediante un análisis del registro sedimentológico en una isla de Groenlandia (Romero, 2017).

Otro dato importante que contribuye a la afección de esta cadena de erupciones, es la liberación de metano debido a la descomposición de materia hidratada presente en los sedimentos antiguos, que entraron en contacto con la lava durante la erupción. Este factor, además de la enorme cantidad de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> presente en la atmosfera después de la activación fisural, redujeron drásticamente la cantidad de oxígeno presente en el medio terrestre y marino, y dificultaron la vida de los distintos organismos presentes en ese momento (Romero, 2017).

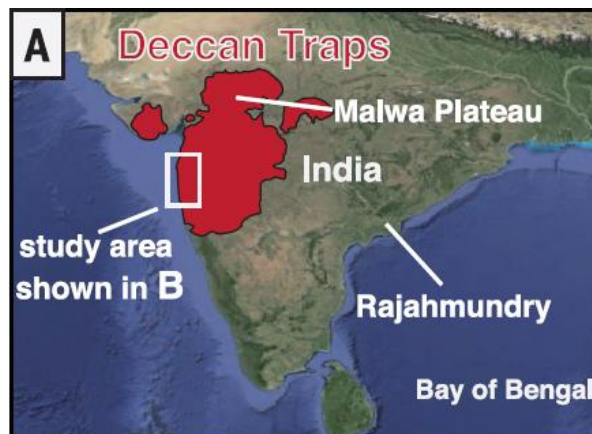
Por lo tanto, y a modo de resumen, las consecuencias de las erupciones fisurales, y en concreto de aquellas ocurridas en Siberia, fueron devastadoras, originando numerosas afecciones y cambios climáticos:

1. Calentamiento global
2. Enfriamiento global
3. Lluvia acida
4. Modificaciones en la radiación UV
5. Aumento en el nivel del mar
6. Acidificación de los océanos
7. Anoxia oceánica

La suma de todos estos cambios climáticos, junto con los extensos arrastres de lava, junto a pérdida de habitats por la reunificación continental que condujo a la formación de la Pangea 2, justifican la extinción masiva de finales del Pérmico y principios del Triásico.

### Traps del Deccan

Los Traps del Decán (o de la meseta del Deccan) son unas provincias basálticas con una extensión de 1,3 millones de km<sup>3</sup>. Esta amplia meseta se encuentra en el oeste de la India y llega a alcanzar un espesor de 3000 metros en zonas cercanas al foco de erupción fisural (Ilustración 24). A través de la geocronología se ha podido establecer una edad bastante aproximada de las rocas ígneas expulsadas por esta erupción. La edad de estos materiales coincide con el límite Cretácico-Paleógeno (K-Pg). Por este motivo, desde que se conocieron estos datos, se ha creído que esta erupción es uno de los motivos que llevó a la extinción masiva del final del Cretácico, también llamada K-Pg, en la que desaparecieron gran diversidad de organismos, como los dinosaurios, ammonites, belemnites y rudistas entre otros. Además, también se vieron afectados algunos mamíferos, reptiles, y plantas terrestres, así como ecosistemas marinos, afectando en gran medida a corales y foraminíferos (Schoene et al., 2015).



*Ilustración 24.* Localización geográfica de los Traps del Deccan (Schoene et al., 2015).

La duración de las erupciones que dieron lugar a los Traps del Deccan tiene varias interpretaciones. Según un estudio de Schoene et al., (2015), la principal fase eruptiva tuvo origen 250.000 años antes del límite K-Pg. Durante dicha fase, se llegaron a acumular cifras que superan los 3000 metros de espesor de lava (evidenciados por esta misma cifra que aún se conserva en la actualidad, como se citó anteriormente). En base a la geocronología U-Pb se estima que durante esta fase se expulsó al medio el 80%-90% del volumen total de material ígneo presente en el Traps del Deccan. Este suceso se produjo en un periodo de tiempo que se extendió durante unos 750.000 años. El método U-Pb es un tipo de datación radiométrica en la que se mide la cantidad de radiación emitida por los isótopos U238-Pb206 o U235-Pb207. Este tipo de datación se lleva a cabo, habitualmente y en el estudio descrito, en compuestos como el zircón.

Además, estos mismos autores, identifican una segunda fase durante esta erupción, la fase II. Se calcula que la cantidad de gas expulsada durante esta segunda fase, fue de unas 17.000 GT de SO<sub>2</sub> y 35.000 GT de CO<sub>2</sub>, cifras increíblemente elevadas, dignas de ser relacionadas, una vez más, con la extinción masiva de final del Cretácico.

Por otra parte, según el mismo estudio mencionado anteriormente, se ha calculado, mediante mediciones cicloestatigráficas (detección en las rocas sedimentarias de los ciclos climáticos de Milankivitch de más alta frecuencia), el periodo estimado en el que se originó la extinción masiva K-Pg. Dicho periodo descarta una edad inferior a  $65.740 \pm 0.086$  Ma. Se estima que la extinción comenzó a partir de la segunda fase de la erupción, en la cual, se extinguió el 50% de las especies. El 50% restante desaparecieron tras los posteriores flujos de lava, llegando a extinguirse por completo en el periodo cercano al límite K-Pg

Como se puede observar, al igual que los Traps Siberianos, son múltiples las evidencias que relacionan estas erupciones con grandes acontecimientos históricos como las extinciones masivas. Aún quedan muchos misterios y preguntas por resolver, pero sin duda alguna, las erupciones fisurales son grandes procesos geológicos endógenos que son dignos de investigar para poder conocer la historia de la Tierra y los acontecimientos que se originaron en ella.

## **2.4. Vulcanismo y Medioambiente**

### **2.4.1. Nubes de polvo**

Como hemos podido observar a lo largo de las descripciones de las erupciones volcánicas anteriores, una característica de vital importancia durante estos sucesos son las grandes nubes de polvo que pueden llegar a liberar. Como bien sabemos, estas nubes de polvo son una mezcla de cenizas, rocas y gases. Debido a su alta capacidad destructiva a numerosas repercusiones. La más obvia es la fuerza con la que se liberan dichos

materiales piroclásticos, los cuales pueden caer a velocidades y fuerzas inmensas que podrían provocar la muerte instantánea de aquellas especies a las que alcance y arrasando todo a su paso.

Por otro lado, la liberación violenta de grandes cantidades de polvo y gas, pueden modificar el clima de manera especialmente considerable. Como describíamos en la erupción del Tambora, al igual que ocurre en tantas otras erupciones, el polvo suspendido en la atmosfera forma una capa que actúa a modo de pantalla, impidiendo que la radiación solar la atraviese y, por lo tanto, produciendo descensos importantes en la temperatura. Además, este fenómeno se ve acrecentado por la presencia de gases procedentes de la erupción, principalmente  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}_2$ . Como mostraron Brasseur y Granier (1992), altas concentraciones de  $\text{SO}_2$  producen alteraciones en la distribución vertical de los rayos solares, propiciando cambios climáticos tanto en la estratosfera como en la troposfera. Concretamente, la presencia de este compuesto produce descensos importantes de temperatura en la troposfera y, todo lo contrario, en la estratosfera, incrementando considerablemente la temperatura de la misma.

Respecto al incremento de  $\text{CO}_2$  en la atmosfera, es habitual pensar que la principal repercusión que origina es el incremento del efecto invernadero. Como sabemos, el efecto invernadero es un fenómeno natural que permite que nuestro planeta conserve una temperatura acorde con la vida. Este proceso se produce gracias a una capa de gases, denominados con el mismo nombre, gases de efecto invernadero, en los que abunda, sobretodo, el dióxido de carbono. Estos gases absorben la radiación térmica del sol, incrementando la temperatura atmosférica hasta unos niveles óptimos para la supervivencia. Sin embargo, cuando aumentamos la concentración de gases presentes en la capa que lo forma, en este caso el  $\text{CO}_2$ , la radiación térmica retenida aumenta proporcionalmente al aumento de los mismos. Esto origina grandes incrementos en la temperatura atmosférica, que puede comprometer el flujo normal de los ecosistemas (Brasseur & Granier, 1992).

Además, la liberación de gases halógenos y tóxicos favorecen consecuencias como las mencionadas anteriormente, incrementan el efecto invernadero y propician la destrucción de la capa de ozono (Brasseur & Granier, 1992).

#### **2.4.2. Aportación de $\text{CO}_2$ al sistema atmósfera-océanos: Incrementos de $T^a$ y acidificación.**

Ahora que conocemos con cierta exactitud cómo las aportaciones de  $\text{CO}_2$  a la atmosfera, derivadas de las erupciones volcánicas, originan grandes consecuencias ambientales, como la modificación climática, con importantes incrementos en la temperatura, es importante estudiar como este  $\text{CO}_2$  puede afectar también a los océanos.

Una repercusión de extrema importancia de esta liberación violenta de CO<sub>2</sub>, es la acidificación de los océanos. Los océanos actúan como los mayores sumideros de CO<sub>2</sub> atmosférico, captándolo y reduciendo la concentración de este en el medio terrestre. Según Alvarado-Zamorano et al. (2011) tienen la capacidad de absorber en torno a un 30% del CO<sub>2</sub> total disponible en el medio atmosférico, favoreciendo un descenso de aquellos gases implicados en el efecto invernadero y los cambios climáticos que comentamos anteriormente (Hernández et al., 2017).

Sin embargo, Hernández et al. (2017) afirman que lo que puede ser beneficioso para el medio terrestre, es perjudicial para los ecosistemas marinos. Cuando el CO<sub>2</sub> entra en contacto con el agua del mar, se disuelve formando ácido carbónico ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ). Este ácido libera iones hidrogeno-carbonato e iones hidrógeno. Estos últimos se unen a iones carbonato libres en el agua, formando iones bicarbonato. Cuando la presencia de CO<sub>2</sub> está controlada, los iones carbonato libres en el mar, son utilizados por ciertas especies para crear sus esqueletos y conchas con composición de carbonato cálcico. Cuando la cantidad de CO<sub>2</sub> aumenta, y, como consecuencia, la presencia de iones hidrógeno, el pH de estos océanos disminuye y el agua se vuelve tan ácida que el carbonato de calcio queda disuelto y, por lo tanto, la viabilidad de estas especies se ve comprometida, al igual que la de muchas otras presentes en los ecosistemas marinos, alterando la cadena trófica en los medios oceánicos (Alvarado-Zamorano et al., 2011).

De manera invertida, aquellas erupciones volcánicas que tienen lugar en los fondos oceánicos, como es obvio, aumentan de manera notoria la temperatura de los mismos. Este proceso disminuye la solubilidad del CO<sub>2</sub>, tanto el liberado por estas erupciones, como aquel proveniente de las erupciones terrestres. Como consecuencia, las erupciones oceánicas podrían disminuir o revertir la incidencia del CO<sub>2</sub> en el desarrollo de estructuras calcáreas necesarias para la supervivencia de algunas especies. Sin embargo, al disminuir la solubilidad del CO<sub>2</sub> en dichos océanos, favorece el escape del mismo a la atmósfera, afectando negativamente e incrementando la probabilidad de producir cambios climáticos (Marvin, 2017).

#### **2.4.3. Extinciones de organismos en masa**

A lo largo de las descripciones de las erupciones fisulares, y de algunos de los principales acontecimientos a lo largo de la historia sobre los mismos, principalmente los Traps Siberianos y los del Deccan, hemos podido observar cómo están ampliamente implicados en numerosas consecuencias medioambientales, pero, sobre todo, en una de ellas con especial trascendencia, la cual, en gran medida, es causada por un cómputo del resto, las extinciones en masa.

Volviendo al análisis del estudio realizado por Schoene et al. (2015), se muestran modelos que pueden explicar las causas de la extinción en el límite K-Pg. Aunque aún hay disputas en la hipótesis considerada como la más acertada, muchas de las propuestas evidenciadas indican que esta erupción originó toda una serie de consecuencias, y que fue responsable, al menos, del inicio de esta extinción. Consecuencias como las descritas en el Traps Siberiano: calentamiento y enfriamiento global por la expulsión de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y otros elementos halógenos y tóxicos, acidificación de los océanos, lluvia ácida y disminución de la capa de ozono. De forma paralela, se cree que el impacto del meteorito de Chicxulub, en México, que también tuvo lugar a finales del Cretácico, pudo contribuir a la extinción descrita. Pero, a diferencia de lo que siempre se ha creído, el estudio nombrado a lo largo de este apartado, realizado, como se comentó anteriormente, por Schoene et al. (2015), corrobora como, si bien este impacto favoreció la extinción, el principal desencadenante de la misma fue la erupción del Traps del Deccan. Estos autores señalan que, por lo menos, 30 del total del número de flujos piroclásticos producidos durante esta erupción, fueron episódicos, y que cada uno de estos episodios provocó los mismos daños y consecuencias que el impacto del meteorito Chicxuluc. También recogen datos referentes a la cantidad de gas expulsado durante la fase II, el cual supuso una concentración entre 30 y 100 veces superior a la cantidad liberada durante el impacto de este meteorito.

Además, los registros de finales del Cretácico muestran como, coincidiendo con los inicios de la erupción, se produjeron ciertos cambios en la concentración de O<sub>2</sub>, disminuyéndola, y alteraciones morfológicas en las hojas de plantas terrestres, que indican unas condiciones ambientales en cuanto a temperatura se refiere, inestables y cambiantes (Schoene et al. 2015). Respecto a la fase II, este mismo estudio registra que la extinción de los dinosaurios, al igual que la destrucción de la megaflorea, se originó debido a las numerosas lluvias ácidas que se produjeron durante la misma.

Otro estudio realizado por Sucharita et al. (2020) también muestra cómo la erupción del Deccan originó ciertas manifestaciones ambientales que pudieron propiciar la extinción masiva de finales del Cretácico:

1. En primer lugar, se investigó que los niveles de C<sup>13</sup> en los ecosistemas marinos disminuyeron. Una posible causa de este hecho pudo ser la transmisión de carbono orgánico, rico en C<sup>12</sup>, presente en los continentes, a los océanos. Se presupone que niveles bajos del nivel del mar y ambientes climáticos muy fríos pudieron ser los desencadenantes.
2. Por otro lado, el hallazgo de gran cantidad de moléculas orgánicas en esta meseta incita a creer que se originaron grandes incendios como causa de la erupción, por los que miles de organismos murieron debido a la cantidad de calor expulsado al medio. La baja cifra de HAPs (hidrocarburos aromáticos policíclicos)

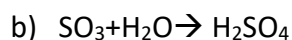
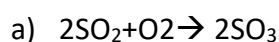
encontrados en la zona, también justificarían la formación de estos extensos incendios. Además, la participación del Deccan, y su gran influencia en el incremento del efecto invernadero, acentuaría las consecuencias originadas por estos extensos incendios.

3. Otra evidencia del drástico cambio ambiental que tuvo lugar en este periodo, debido a la erupción del Deccan es la presencia de compuestos alifáticos (hidrocarburos no aromáticos acíclicos) en la meseta. Estos compuestos se originaron como consecuencia de un incremento brusco de la temperatura, además de a bajas presiones, que solo se pudieron originar como consecuencia de esta erupción.

Aunque se reflejan datos exclusivos de la erupción del Traps del Deccan, cualquier erupción con unas características similares, como los Traps siberianos, en los cuales también hemos reunido datos que manifiestan evidencias suficientes como para originar otra de las grandes extinciones en masa de la historia, la del Pérmico-Triásico, sería capaz de provocar consecuencias de tal gravedad como las aquí descritas, alcanzando el extremo de las extinciones masivas.

#### **2.4.1. Lluvia ácida**

La lluvia ácida es una consecuencia más de las erupciones volcánicas, concretamente de la liberación masiva de  $\text{SO}_2$ , ya que es el principal compuesto que la produce. El  $\text{SO}_2$  interactúa con el agua y el oxígeno de la atmosfera, produciendo una serie de reacciones que concluyen con la formación de ácido sulfúrico, en concreto, las siguientes (Ruiz, 2016):



Los efectos directos de la lluvia ácida en el medio, va a depender, en parte, del tipo de suelo presente. De esta forma, aquellos suelos formados mayoritariamente de compuestos cálcicos, van a absorber el ácido sulfúrico, reduciendo el daño en el medio. Sin embargo, aquellos terrenos arcillosos o compuestos por granitos, no presentan esta capacidad, y, por lo tanto, la lluvia ácida se disuelve en este tipo de suelos, incrementando su acidez y repercutiendo negativamente en la vegetación presente en esa zona y, por ende, en el flujo de los ecosistemas (Ruiz, 2016).

Además, los ríos y lagos pueden sufrir modificaciones en su pH, dificultando la vida de muchas de las especies cuyo hábitat se encuentran en los mismos, alterando la cadena trófica. La presencia de ácido sulfúrico en estos ecosistemas también puede aumentar

la concentración de metales pesados, perjudiciales para las especies allí presentes (Ruiz, 2016).

Por último, los animales terrestres también se ven gravemente afectados, ya que el contacto directo con el ácido sulfúrico es altamente corrosivo, lo que podría producir grandes quemaduras y alteraciones en los tejidos de los mismos, incluso, en casos extremos, la muerte (Ruiz, 2016).

## **2.5. Metodología empleada en la Proyección didáctica.**

La unidad didáctica proyectada a continuación está destinada a alumnos de Geología de 2º de Bachillerato. Por este motivo, la metodología empleada es, en cierto modo, algo más limitada que aquella que podría emplearse en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria. El motivo de esto es que este curso, 2º de Bachillerato, está enfocado principalmente en la preparación de la prueba de PEvAu, por lo que la mayor parte del tiempo empleado en las distintas sesiones, será empleado en sacar el máximo rendimiento de la misma. Por ese motivo, las principales metodologías empleadas en la siguiente unidad didáctica son:

- Ideas Previas: Las ideas previas, citado como tal del artículo de García & Rodríguez (1988) son “lo que el alumno ya sabe”, por lo que es imprescindible conocer estos conocimientos previos que presentan los alumnos para direccionar el proceso enseñanza-aprendizaje en una u otra dirección. En lo que respecta a las ideas previas en torno a la asignatura de Geología, pueden ser muchas las ideas equívocas que rondan en torno a la materia, debido a creencias, desde edades tempranas a cerca de la misma. Por este motivo, es imprescindible conocer aquellas creencias o ideas que rondan la cabeza de nuestros alumnos, con el fin de abordar, desde una perspectiva efectiva, la manera más óptima de enseñanza de los contenidos, incidiendo en modificar de manera comprensible y duradera, las ideas previas de los mismos.
- Aprendizaje Basado en Proyectos o ABP: esta metodología, según datos proporcionados por Martí et al., (2010) consiste en la resolución o indagación, a través de un rol bastante activo por parte del alumno, de una serie de problemas de aplicación práctica. Para ello, se deberá recurrir al uso de las TIC, de manera que, a través de ellas, se buscará, de manera guiada, según indicaciones del docente, información necesaria para desarrollar con éxito el trabajo encomendado, en el cual, el alumno deberá obtener y clarificar información acerca de los contenidos establecidos para dicho trabajo. Este tipo de metodología es muy práctica en cuanto a la asignatura de Geología se refiere, ya que, en ocasiones, para comprender parte de los contenidos de la misma, es

necesario recabar información cercana que nos facilite la asociación de estos contenidos con casos reales. De esta forma, la familiarización será mayor y, por consiguiente, será mucho más fácil fijar conocimientos y mantenerlos durante un plazo temporal cercano/medio, alcanzando satisfactoriamente los objetivos encomendados para dicha unidad didáctica.

- Trabajo Cooperativo: cuando hablamos de Trabajo Cooperativo, lo primero que viene a nuestra mente es el tradicional trabajo en grupo, pero esto no siempre es así. Como bien dice Guitert & Giménez (2000), aunque todo trabajo cooperativo es un trabajo en grupo, no todo trabajo en grupo es un Trabajo Cooperativo. Este mismo autor afirma que un Trabajo Cooperativo es aquel llevado a cabo por un grupo de alumnos que son capaces de compartir, comparar y enriquecerse de los conocimientos o información recabada por cada uno de sus compañeros, de manera que, todos ellos están implicados en el aprendizaje del cómputo del trabajo, a diferencia de los trabajos en grupo, en los cuales, cada uno de los alumnos se centra únicamente en la elaboración y aprendizaje de aquella parte del trabajo que debe de realizar. En la asignatura de Geología es de vital importancia que todos los alumnos estén implicados en adquirir conocimientos para cada uno de los contenidos, pues es una asignatura en la que todo está enlazado, y, si no se dedica el tiempo, ni el esfuerzo, necesario en cada uno de los dichos contenidos, difícilmente puedas entender otros tantos. De esta forma, esta metodología garantiza que todos los alumnos participen en la adquisición óptima de cada uno de los objetivos afín a cada unidad didáctica.

Además de estas 3 metodologías principales, en la siguiente unidad didáctica se llevarán a cabo otras tantas, como la realización de actividades tipo tests, visualización de videos educativos o prácticas complementarias en el laboratorio. Todas ellas estarán destinadas a afianzar los contenidos impartidos por el docente en cada una de las sesiones, además de garantizar la atención y la motivación de los alumnos. El cómputo de cada una de las metodologías empleadas, trata de asegurar la obtención del máximo rendimiento en el proceso enseñanza-aprendizaje de la unidad didáctica propuesta.

### 3. Proyección didáctica

#### 3.1. Justificación

El presente proyecto está destinado a cubrir los objetivos que garantiza la docencia de una unidad didáctica de la asignatura de Geología, optativa cursada en 2º de Bachillerato. Dicha unidad se denomina: “Vulcanismo y consecuencias ambientales”.

El desarrollo de una unidad didáctica de 2º de Bachillerato me parece una opción diferente que puede dar como resultado una unidad didáctica, cuanto menos, bastante interesante. Además, y, sobre todo, el motivo por el cual escogí el desarrollo de la misma fue la enorme curiosidad que me causaba el tema que se desarrolla, las erupciones volcánicas y cómo se han ido produciendo varias de ellas que han tenido la sorprendente capacidad de cambiar la historia de la Tierra.

Centrándonos en la asignatura de geología en sí, no es hasta 2º de bachillerato cuando la podemos cursar de manera independiente y aislada, ya que hasta entonces, durante el resto de cursos de educación secundaria y bachillerato, siempre se imparte de manera conjunta con biología. Esta particularidad y desglose permite que el alumnado que presenta interés por la misma pueda profundizar mucho más en la materia y absorba conocimientos sobre la misma que hasta entonces no había tenido la oportunidad de conocer, más que de manera autodidacta si la curiosidad era tal como para alcanzar este fin.

Respecto a la unidad didáctica en cuestión, además de, particularmente, ser un tema trepidante, también creo que lo es para el resto de los discentes. Aquellos alumnos que se encuentran en esta asignatura sienten verdadera pasión por la geología, y si la misma, en su totalidad, es apasionante, la historia de las erupciones volcánicas y cómo tienen la capacidad para cambiar el curso de la historia, creo que es un gran aliciente para la elección de esta asignatura.

Respecto al marco jurídico empleado para justificar esta unidad didáctica, basada en la normativa LOMCE, es el siguiente:

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Orden de 14 de julio de 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.

- 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.

### 3.2. Contextualización de centro y aula

#### ➤ Situación geográfica del centro

El Instituto de Educación Secundaria (I.E.S) Puerta de Alarcón, con dirección en calle Salvador Molino S/N, 41007, Sevilla, es un centro de grandes dimensiones, el cual recibe cada año gran cantidad de alumnos con una heterogeneidad increíble. Esto lo dota de grandes infraestructuras y personal capacitado para acoger y formar a todo tipo de alumnos.

Este centro está situado en capital de provincia, la cual abarca una superficie de 140 Km<sup>2</sup> y alcanza una población total de 688.258 habitantes. Dispone de una red de carreteras ampliamente avanzada, que la comunica con numerosas localidades cercana a ella, las cuales engrandecen aún más la extensión y población de esta, debido al continuo flujo de habitantes hacia ella. Presenta un casco antiguo de aproximadamente 4 Km<sup>2</sup>, el cual cuenta con una belleza extraordinaria. Otro de sus encantos es el cruce a lo largo de toda ella de uno de los ríos con más capacidad para la navegabilidad. Respecto a economía, esta ciudad está sustentada por actividades de todo tipo: agricultura, industria, construcción y servicios, destacando el turismo y el comercio. Todo esto la hace una ciudad muy atractiva personal y profesionalmente.

Volviendo de nuevo al centro I.E.S Puerta de Alarcón, este abrió sus puertas en el año 1931. Durante muchos años fueron muchas las quejas sobre la ausencia de un instituto digno en esta localidad. Por ese motivo, después de muchos esfuerzos realizando este proyecto, fue este año en el que se pudo inaugurar el centro. Si es cierto, que en sus inicios este no contaba con unas infraestructuras totalmente adecuadas a su fin. Este problema comenzó a subsanarse con el paso de los años, adecuándolo en cada momento, a las características y avances de cada época, necesarios para realizar un trabajo óptimo y aportar una educación vital en la enseñanza de los alumnos.

Este centro cuenta con enseñanzas de educación secundaria y de bachillerato, ofreciendo todas las posibles optativas ofertadas actualmente por la Junta de Andalucía, ya que, la gran diversidad discente nos garantiza que la mayor parte de las plazas ofertadas para dichas optativas, se cubran.

#### ➤ Organización del centro

Respecto a la organización del centro, este está dividido en una serie de áreas, en las que se incluyen varios departamentos:

- Área socio-lingüística: en esta área se incluye el departamento de inglés, de geografía e historia y de lengua castellana.
- Área científico-tecnológica: en esta otra encontramos el departamento de ciencias de la naturaleza, el de matemáticas y el de tecnología.
- Área cultural-artística: por último, esta área aborda el departamento de educación física, de música y de plástica.

Independientemente de estos, también se recogen departamentos como el de religión, el de orientación, el departamento de formación, evaluación e innovación, y, por último, el de actividades complementarias. También presenta una zona de biblioteca, necesaria para la obtención de ejemplares útiles para la enseñanza y aprendizaje de ciertas materias.

Además, el centro cuenta con personal de administración y servicios (P.A.S), imprescindible para el abordaje de temas burocráticos tan necesarios a día de hoy en los centros, así como para los servicios de limpieza del mismo, de igual importancia para la subsistencia del instituto.

En cuanto a los espacios del centro y su distribución, este está formado por 50 aulas, distribuidas en 3 edificios con 3 plantas cada uno. Las aulas son luminosas, gracias a grandes ventanas dispuestos a un lateral de la misma. La mesa del profesor se encuentra en una esquina, y a su espalda, la pizarra. Justo enfrente están las mesas de los alumnos, colocadas de dos en dos, de forma que los alumnos se encontrarían sentados por parejas, alcanzando un número máximo de 30 estudiantes por aula.

Este centro cuenta también con un extenso patio recreativo con fuentes de agua, en el que los alumnos puedan circular libremente durante el tiempo estimado de descanso. En una zona del mismo se encuentran las pistas deportivas con pabellón incluido, en las que se impartirá la asignatura de educación física. Estas pistas cuentan con porterías y canastas de baloncesto, para poder practicar estos deportes, a la vez que muchos otros.

Añadir la presencia de un salón de actos, en el que se llevarán a cabo reuniones de importante índole en el desempeño de la eficacia del centro, así como otras actividades destinadas a la participación de los alumnos. Por último, una zona de recepción en la que se encuentra el personal de conserjería, una sala destinada a la zona de reunión de los profesores y la biblioteca, comentada anteriormente.

#### ➤ Material

En las aulas, el material disponible es aquel común a todos los centros: mesas con bandejas para guardar material necesario, sillas, la mesa del profesor, también con su correspondiente silla, pizarras de tiza y algunas de rotulador y un proyector en cada una de las aulas. Además, en la mesa del profesor está presente el ordenador desde el cual se puede llevar a cabo la proyección, entre otras funciones de vital importancia para el

desarrollo de las distintas sesiones. Cercana a la mesa del profesor hay armarios en los que se pueden encontrar diccionarios y libros que puedan facilitar y mejorar el aprendizaje de los alumnos. En el lado contrario a los ventanales, hay perchas para poder recoger aquella ropa de abrigo que no se necesite durante el desempeño de la clase. También hay radiadores dispuestos por toda el aula. Por último, al fondo de la clase hay un corcho en el que poder recoger aquellos trabajos realizados por el alumnado, así como horarios, reglamentos y plan de evacuación del centro.

#### ➤ Características del alumnado

Atendiendo al perfil característico de los estudiantes, al ser un centro de grandes dimensiones y capacitado para soportar grandes volúmenes de alumnos, la diversidad respecto a estos es inmensa. Pero centrándonos en la asignatura de esta unidad didáctica, Geología de 2º de Bachillerato, las clases suelen estar formadas por un número reducido de estos, en torno a 12-15 alumnos. Suelen ser alumnos poco problemáticos, con respeto hacia el profesor y con ganas de aprender y progresar en sus conocimientos. También atienden a perfiles participativos, que se involucran en las tareas y se encuentran altamente motivados. Se cree que el motivo de estas circunstancias es la proximidad a la selectividad, ya que este curso está enfocado principalmente a ella. Por lo tanto, aquellos alumnos que se encuentran en este curso, y concretamente en esta asignatura, es porque tienen claro que el área de la geología les gusta y quieren enfocar su futuro en esta dirección.

Así como hemos comentado la óptima disposición del alumnado, no hay que olvidar que son adolescentes, y que a veces presentan un comportamiento característico de su edad, pero nunca sin olvidar sus valores y el alto grado de compañerismo que les une.

Con toda esta información, cabe esperar que el rendimiento general de los mismos sea satisfactorio, y así es. Según el seguimiento durante todos estos años, se ha podido observar cómo la gran mayoría de los alumnos que cursan esta asignatura superan con altas expectativas los objetivos afines. Además, muchos de estos alumnos alcanzan una proyección profesional más que satisfactoria.

### **3.3. Objetivos**

Los objetivos plasmados en cada una de las unidades didácticas tratan de responder a la pregunta: ¿Para qué? Así, se pueden definir como un conjunto de metas y capacidades obtenidas por el alumno al concluir su proceso educativo.

De esta forma, estos objetivos se pueden dividir en tres categorías:

1. Objetivos de etapa: son aquellos que se deben obtener cuando se concluye una etapa educativa, entendiendo por esta, en su conjunto, la Educación Secundaria Obligatoria o, como en este caso, el Bachillerato.
2. Objetivos de área: estos objetivos plasman las capacidades que deben de conseguir los alumnos en las distintas áreas del currículo, en este caso, el área de geología de 2º de Bachillerato.
3. Objetivos característicos de la unidad didáctica: por último, estos indican aquellas destrezas adquiridas en una sola unidad didáctica.

➤ Objetivos de etapa

Según el Artículo 25 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, se plasman aquellos objetivos que los alumnos de Bachillerato deben alcanzar para superar satisfactoriamente esta etapa educativa:

*a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española, así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.*

*b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.*

*c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades y discriminaciones existentes, y en particular la violencia contra la mujer e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas por cualquier condición o circunstancia personal o social, con atención especial a las personas con discapacidad.*

*d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.*

*e) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.*

*f) Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.*

*g) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.*

*h) Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.*

*i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.*

*j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.*

*k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.*

*l) Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.*

*m) Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social.*

*n) Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.*

De manera paralela, el Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, en su artículo 3, añade los siguientes objetivos, capaces de contribuir al desarrollo en el alumnado las capacidades que le permitan:

*a) Profundizar en el conocimiento y el aprecio de las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades.*

*b) Profundizar en el conocimiento y el aprecio de los elementos específicos de la historia y la cultura andaluza, así como su medio físico y natural y otros hechos diferenciadores de nuestra Comunidad para que sea valorada y respetada como patrimonio propio y en el marco de la cultura española y universal.*

#### ➤ Objetivos de área

Respecto a los objetivos de área de Geología, en base a la Orden de 14 de julio de 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, se reflejan una serie de los mismos, en el Anexo I, destinados a la obtención de las siguientes capacidades:

*1. Comprender los conceptos, principios, teorías y modelos fundamentales de la Geología, para tener una visión global y la formación científica básica de la materia, y poder aplicarlas a situaciones reales y cotidianas.*

*2. Utilizar con autonomía las estrategias propias de la investigación y el trabajo científico en el campo de la Geología: el trabajo de campo y el de laboratorio.*

3. *Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para realizar simulaciones, tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido, fundamentar los trabajos y realizar informes.*

4. *Comprender la naturaleza de la Geología y sus limitaciones, así como sus relaciones con la tecnología y la sociedad, participando en la prevención y resolución de problemas ambientales.*

5. *Analizar los cambios cíclicos y evolutivos de la Tierra, derivados de la interacción entre sus sistemas, así como los procesos geológicos que los originan y los efectos que producen (minerales, rocas, deformaciones y relieve).*

6. *Conocer los riesgos geológicos y las causas que los originan, para poder establecer medidas de planificación que mitiguen sus efectos catastróficos.*

7. *Entender el funcionamiento geológico actual de la Tierra para poder explicar los cambios acaecidos en tiempos geológicos pasados en el planeta.*

8. *Conocer las características geológicas fundamentales de la Península ibérica y de las Islas Baleares y Canarias, en el contexto general de la tectónica de placas.*

9. *Conocer y valorar los rasgos geológicos fundamentales de Andalucía, su origen, evolución y valor histórico, para mejorar la protección y conservación de su rico patrimonio geológico y geodiversidad.*

➤ Objetivos específicos de la unidad didáctica

O.E.1. Reconocer los distintos límites de placas y el movimiento entre estas.

O.E.2. Conocer la relación entre el origen de los volcanes y la tectónica de placas.

O.E.3. Afianzar conocimientos sobre las propiedades y formación del magma y caracterizar los distintos tipos de magma en base a su composición

O.E.4. Saber cuáles son los materiales expulsados durante una erupción volcánica.

O.E.5. Saber distinguir entre erupciones volcánicas y fisurales.

O.E.6. Asociar determinados acontecimientos históricos con el tipo de erupción a la que pertenecen.

O.E.7. Ser consciente y saber plasmar el daño de las consecuencias de las erupciones en el medio ambiente.

### 3.4. Contenidos

El objetivo de los contenidos de una unidad didáctica es poder responder a la pregunta ¿Qué enseñar?

De acuerdo con el Anexo I 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, esta unidad didáctica pertenece al Bloque 7: “Riesgos geológicos”, de la asignatura de “Geología”, la cual se imparte en 2º de Bachillerato. Concretamente dicha unidad didáctica se basa en el contenido “Principales riesgos endógenos: terremotos y volcanes”:

1. Introducción: Tectónica de placas
  - 1.1. Límites de placas
  - 1.2. Origen de los volcanes
2. Vulcanismo
  - 2.1. Magma volcánico
    - 2.1.1. Formación del magma
    - 2.1.2. Tipos de magma
    - 2.1.3. Propiedades del magma
  - 2.2. Materiales expulsados durante una erupción volcánica
3. Tipos de erupciones y acontecimientos históricos
  - 3.1. Vulcanismo explosivo
    - 3.1.1. Erupción del Pitanubo
    - 3.1.2. Erupción del Tambora
    - 3.1.3. Erupción del Vesubio
  - 3.2. Vulcanismo fisural
    - 3.2.1. Traps de Siberia
    - 3.2.2. Traps del Decan
4. Consecuencias ambientales

### 3.5. Competencias clave

Según el artículo 2.2 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, y el artículo 2 y 3 de 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, las competencias del currículo serán las siguientes:

#### **a) Comunicación lingüística**

*La competencia en comunicación lingüística es el resultado de la acción comunicativa dentro de prácticas sociales determinadas, en las cuales el individuo actúa con otros interlocutores y a través de textos en múltiples modalidades, formatos y soportes. Estas situaciones y prácticas pueden implicar el uso de una o varias lenguas, en diversos ámbitos y de manera individual o colectiva. Para ello el individuo dispone de su repertorio plurilingüe, parcial, pero ajustado a las experiencias comunicativas que experimenta a lo largo de la vida. Las lenguas que utiliza pueden haber tenido vías y tiempos distintos de adquisición y constituir, por tanto, experiencias de aprendizaje de lengua materna o de lenguas extranjeras o adicionales.*

#### **b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.**

*La competencia matemática implica la capacidad de aplicar el razonamiento matemático y sus herramientas para describir, interpretar y predecir distintos fenómenos en su contexto. Por otro lado, las competencias básicas en ciencia y tecnología son aquellas que proporcionan un acercamiento al mundo físico y a la interacción responsable con él desde acciones, tanto individuales como colectivas, orientadas a la conservación y mejora del medio natural, decisivas para la protección y mantenimiento de la calidad de vida y el progreso de los pueblos. Estas competencias contribuyen al desarrollo del pensamiento científico, pues incluyen la aplicación de los métodos propios de la racionalidad científica y las destrezas tecnológicas, que conducen a la adquisición de conocimientos, la contrastación de ideas y la aplicación de los descubrimientos al bienestar social.*

#### **c) Competencia digital.**

*La competencia digital es aquella que implica el uso creativo, crítico y seguro de las tecnologías de la información y la comunicación para alcanzar los objetivos relacionados con el trabajo, la empleabilidad, el aprendizaje, el uso del tiempo libre, la inclusión y participación en la sociedad.*

*Esta competencia supone, además de la adecuación a los cambios que introducen las nuevas tecnologías en la alfabetización, la lectura y la escritura, un conjunto nuevo de conocimientos, habilidades y actitudes necesarias hoy en día para ser competente en un entorno digital.*

#### **d) Aprender a aprender.**

*Esta competencia se caracteriza por la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje. Esto exige, en primer lugar, la capacidad para motivarse por aprender. Esta motivación depende de que se genere la curiosidad y la necesidad de aprender, de que el estudiante se sienta protagonista del proceso y del resultado de su aprendizaje y, finalmente, de que llegue a alcanzar las metas de aprendizaje propuestas y, con ello, que*

*se produzca en él una percepción de auto-eficacia. Todo lo anterior contribuye a motivarle para abordar futuras tareas de aprendizaje.*

*En segundo lugar, en cuanto a la organización y gestión del aprendizaje, la competencia de aprender a aprender requiere conocer y controlar los propios procesos de aprendizaje para ajustarlos a los tiempos y las demandas de las tareas y actividades que conducen al aprendizaje. La competencia de aprender a aprender desemboca en un aprendizaje cada vez más eficaz y autónomo.*

***e) Competencias sociales y cívicas.***

*Las competencias sociales y cívicas implican la habilidad y capacidad para utilizar los conocimientos y actitudes sobre la sociedad, entendida desde las diferentes perspectivas, en su concepción dinámica, cambiante y compleja, para interpretar fenómenos y problemas sociales en contextos cada vez más diversificados; para elaborar respuestas, tomar decisiones y resolver conflictos, así como para interactuar con otras personas y grupos conforme a normas basadas en el respeto mutuo y en convicciones democráticas. Además de incluir acciones a un nivel más cercano y mediato al individuo como parte de una implicación cívica y social.*

***f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.***

*La competencia, sentido de iniciativa y espíritu emprendedor implica la capacidad de transformar las ideas en actos. Ello significa adquirir conciencia de la situación a intervenir o resolver, y saber elegir, planificar y gestionar los conocimientos, destrezas o habilidades y actitudes necesarios con criterio propio, con el fin de alcanzar el objetivo previsto.*

***g) Conciencia y expresiones culturales.***

*La competencia en conciencia y expresión cultural implica conocer, comprender, apreciar y valorar con espíritu crítico, con una actitud abierta y respetuosa, las diferentes manifestaciones culturales y artísticas, utilizarlas como fuente de enriquecimiento y disfrute personal y considerarlas como parte de la riqueza y patrimonio de los pueblos.*

*Esta competencia incorpora también un componente expresivo referido a la propia capacidad estética y creadora y al dominio de aquellas capacidades relacionadas con los diferentes códigos artísticos y culturales, para poder utilizarlas como medio de comunicación y expresión personal. Implica igualmente manifestar interés por la participación en la vida cultural y por contribuir a la conservación del patrimonio cultural y artístico, tanto de la propia comunidad como de otras comunidades.*

Una vez detalladas y comprendidas cada una de estas competencias según la legislación vigente, es necesario plasmar aquellas competencias clave que aparecen en el desarrollo de esta unidad didáctica, las cuales están marcadas con una X:

|                                                                       |          |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|
| Comunicación lingüística                                              | <b>X</b> |
| Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología | <b>X</b> |
| Competencia digital                                                   | <b>X</b> |
| Aprender a aprender                                                   | <b>X</b> |
| Competencias sociales y cívicas                                       | <b>X</b> |
| Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor                          | <b>X</b> |
| Conciencia y expresiones culturales                                   |          |

De esta forma, y como queda reflejado en la tabla anterior, en esta unidad didáctica se van a trabajar todas las competencias clave, las cuales serán abordadas atendiendo a los siguientes criterios:

- **Comunicación lingüística:** se plasma a lo largo de toda la unidad didáctica, a través de aquellas actividades que requieren la interacción y el intercambio de ideas entre los alumnos. De igual manera, el trato alumno-profesor también es un claro ejemplo del desarrollo de esta competencia, llevada a cabo mediante la

resolución de dudas, intercambio de opiniones etc. Pero sobretodo, esta competencia va a ser ampliamente trabajada a través de una serie de exposiciones orales que los alumnos llevarán a cabo como parte de la metodología establecida.

- **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología:** esta competencia se trabaja mediante el razonamiento y la elaboración de un contexto que acerque a los alumnos con la realidad, en base a aquellas cifras que se trabajan a lo largo de esta unidad, respecto a alturas, diámetros o radios, expresados en metros o kilómetros de distancia.
- **Competencia digital:** el desarrollo de esta competencia se lleva a cabo a través del uso de la tecnología para la búsqueda de información útil para la óptima elaboración de aquellos trabajos que deberán de realizar para superar satisfactoriamente esta unidad. Además, esta competencia puede ser necesaria para la resolución de dudas o la mejora del aprendizaje sobre ciertos temas de interés relacionados con la unidad didáctica.
- **Aprender a aprender:** esta competencia es clave, pues muestra el interés y la motivación que presenta el alumnado por aprender. Puesto que es un nivel avanzado y que el alumnado aquí presente lo está por voluntad propia, es obligatorio pensar que la motivación y el esfuerzo por el aprendizaje de dicha unidad va a ser más que notorio, por lo que la competencia aquí abordada estará presente por el alumnado a lo largo de toda la unidad didáctica.
- **Competencias sociales y cívicas:** esta otra competencia es trabajada mediante la extrapolación de aquellos procesos endógenos trabajados en la unidad, a los sucesos naturales que aun hoy en día siguen produciéndose, así como a la manera en que estos siguen repercutiendo en el medio ambiente, de forma que nos permite acercar a los alumnos un poco más a la realidad social y cívica actual.
- **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor:** el sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor son unas características que nos vuelve valiosos, independientes y resolutivos. Por eso, en esta unidad didáctica, a través de la realización de un proyecto que más adelante se detallará, se fomenta el desarrollo de estas habilidades.

Además, es conveniente relacionar estas competencias con cada uno de los objetivos específicos de la unidad didáctica:

| Objetivos específicos                                                                                                                      | Competencias clave                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. Reconocer los distintos límites de placas y el movimiento entre estas.                                                                  | "CCL", "CPAA", "CD", "SIE"                |
| 2. Conocer la relación entre el origen de los volcanes y la tectónica de placas.                                                           | "CCL", "CPAA", "CD", "SIE"                |
| 3. Afianzar conocimientos sobre las propiedades y formación del magma y caracterizar los distintos tipos de magma en base a su composición | "CCL", "CPAA", "CD", "SIE"                |
| 4. Saber cuáles son los materiales expulsados durante una erupción volcánica.                                                              | "CCL", "CPAA", "CD", "SIE"                |
| 5. Distinguir entre erupciones volcánicas y fisurales.                                                                                     | "CCL", "CPAA", "CMCT", "CD", "SIE"        |
| 6. Asociar determinados acontecimientos históricos con el tipo de erupción a la que pertenecen.                                            | "CCL", "CPAA", "CMCT", "CD", "SIE"        |
| 7. Ser consciente y saber plasmar el daño de las consecuencias de las erupciones en el medio ambiente.                                     | "CCL", "CPAA", "CMCT", "CD", "CSC", "SIE" |

### 3.6. Metodología y recursos didácticos

#### ➤ Recomendaciones metodológicas

El Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, plasma en su artículo 7 una serie de recomendaciones de metodología didáctica en Bachillerato. Estas son las siguientes:

*1. El proceso de enseñanza-aprendizaje competencial debe caracterizarse por su transversalidad, su dinamismo y su carácter integral y, por ello, debe abordarse desde todas las materias de conocimiento. En el proyecto educativo del centro y en las programaciones didácticas se incluirán las estrategias que desarrollará el profesorado*

*para alcanzar los objetivos previstos, así como la adquisición por el alumnado de las competencias clave.*

*2. Los métodos deben partir de la perspectiva del profesorado como orientador, promotor y facilitador del desarrollo en el alumnado, ajustándose al nivel competencial inicial de éste y teniendo en cuenta la atención a la diversidad y el respeto por los distintos ritmos y estilos de aprendizaje mediante prácticas de trabajo individual y cooperativo.*

*3. Los centros docentes fomentarán la creación de condiciones y entornos de aprendizaje caracterizados por la confianza, el respeto y la convivencia como condición necesaria para el buen desarrollo del trabajo del alumnado y del profesorado.*

*4. Las líneas metodológicas de los centros docentes tendrán la finalidad de favorecer la implicación del alumnado en su propio aprendizaje, estimular la superación individual, el desarrollo de todas sus potencialidades, fomentar su autoconcepto y su autoconfianza, y promover procesos de aprendizaje autónomo y hábitos de colaboración y de trabajo en equipo.*

*5. Las programaciones didácticas de las distintas materias del Bachillerato incluirán actividades que estimulen el interés y el hábito de la lectura, la práctica de la expresión escrita y la capacidad de expresarse correctamente en público.*

*6. Se estimulará la reflexión y el pensamiento crítico en el alumnado, así como los procesos de construcción individual y colectiva del conocimiento, y se favorecerá el descubrimiento, la investigación, el espíritu emprendedor y la iniciativa personal.*

*7. Se desarrollarán actividades para profundizar en las habilidades y métodos de recopilación, sistematización y presentación de la información y para aplicar procesos de análisis, observación y experimentación, adecuados a los contenidos de las distintas materias.*

*8. Se adoptarán estrategias interactivas que permitan compartir y construir el conocimiento y dinamizarlo mediante el intercambio verbal y colectivo de ideas y diferentes formas de expresión.*

*9. Se emplearán metodologías activas que contextualicen el proceso educativo, que presenten de manera relacionada los contenidos y que fomenten el aprendizaje por proyectos, centros de interés, o estudios de casos, favoreciendo la participación, la experimentación y la motivación de los alumnos y alumnas al dotar de funcionalidad y transferibilidad a los aprendizajes.*

*10. Se fomentará el enfoque interdisciplinar del aprendizaje por competencias con la realización por parte del alumnado de trabajos de investigación y de actividades*

*integradas que le permitan avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo.*

*11. Las tecnologías de la información y de la comunicación para el aprendizaje y el conocimiento se utilizarán de manera habitual como herramientas integradas para el desarrollo del currículo.*

Adicionalmente, en el Anexo I de la Orden de 14 de julio de 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, establece una serie de estrategias metodológicas en base a la asignatura de Geología:

*El objetivo fundamental que se persigue con la Geología es el de conseguir que el alumnado adquiera un grado de conocimiento y de comprensión amplios de la realidad geológica y ambiental de nuestro planeta, de su composición, estructura y funcionamiento; de los riesgos geológicos y de los impactos que origina la explotación de materias primas minerales en el entorno; de conocer y valorar la trascendencia social y económica del trabajo geológico en los nuevos desafíos de la sociedad actual. Para ello se utilizará una metodología esencialmente activa, en la que el alumnado sea el protagonista junto a su entorno ambiental más próximo, ampliable posteriormente al conjunto del planeta Tierra. La metodología utilizada debe promover, en el alumnado, un aprendizaje competencial y funcional que propicie el análisis crítico, el razonamiento y la reflexión, necesarios para alcanzar el desarrollo personal e intelectual que les permita acceder a estudios superiores.*

*En este proceso, la función del profesor o la profesora debe ser ante todo la de orientar y promover el aprendizaje significativo de su alumnado, promoviendo en ellos el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que les capaciten para la resolución de problemas, para la aplicación de los conocimientos aprendidos a situaciones reales y complejas, y, en definitiva, para alcanzar su autonomía personal. Debe existir una interrelación entre la consecución de las competencias y la metodología utilizada en el aula que favorezca la motivación por aprender, lo que se consigue al relacionar los contenidos que se plantean con las aplicaciones en el entorno más cercano. Las estrategias metodológicas irán dirigidas a consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y colectivo.*

*El carácter experimental de la Geología hace necesario programar actividades prácticas variadas en el aula, en el laboratorio y en el entorno, en las que el alumnado pueda aplicar la metodología científica: plantear hipótesis, diseñar experimentos, analizar datos, llevar a cabo observaciones, valorar resultados y, finalmente, confrontarlo todo con los modelos teóricos, comunicando los resultados y las conclusiones obtenidas. Durante este proceso el alumnado utilizará una terminología científica adecuada y*

*variada. En este proceso de aprendizaje significativo, la utilización de los recursos TIC es fundamental, ya que permite que el alumnado lleve a cabo un aprendizaje interactivo, al aplicar destrezas con las que obtener datos, interpretar, comprender y presentar la información y realizar gráficos, dibujos, tablas y esquemas. Los trabajos y los informes monográficos se presentarán por escrito en soporte digital y se expondrán de forma oral. Se intercalará la realización de trabajos individuales y en equipo, favoreciendo así la participación en debates que permitan la argumentación científica, la crítica y la reflexión. Con ello los alumnos y las alumnas se sentirán protagonistas de su propio aprendizaje, reforzarán la motivación por aprender y la autoestima.*

*De manera complementaria, se introducirá al alumnado en la lectura de noticias científicas en otros soportes de comunicación como periódicos, revistas y artículos científicos, despertando su interés por los temas de actualidad y por el análisis crítico de la información. Con ello también podrán valorar los contextos sociales, económicos, éticos y culturales bajo los que se plantean y analizan las noticias que tienen que ver con los fenómenos y procesos geológicos que ocurren en nuestro entorno y con la repercusión que tienen en la actividad y en el desarrollo humanos.*

*Siempre que sea posible, la realización de trabajos de campo en espacios protegidos, las visitas a centros de investigación geológica, a zonas mineras, a museos, etc. contribuirán también a alcanzar un aprendizaje significativo del alumnado, potenciando el conocimiento del entorno más próximo.*

*Es recomendable aprovechar el carácter histórico de la Geología como recurso didáctico, analizando la evolución de muchas ideas y conceptos geológicos a través de las controversias científicas y sociales que suscitaron en su tiempo.*

*Igualmente se deben promover actividades con las que el alumnado conozca, trabaje y valore la gran riqueza del patrimonio geológico andaluz, mineral, industrial y social.*

*Tan importante como la utilización de metodologías y estrategias didácticas variadas y adecuadas al contexto del alumnado en cada momento es la de considerar la evaluación del aprendizaje de los alumnos y alumnas como proceso necesario y efectivo para comprobar el grado de adquisición de los objetivos y capacidades de la materia, inicialmente planteados, en un marco competencial claro y variado. En este proceso deberán participar junto al profesor, el alumnado y el grupo de clase, para lo cual se utilizarán instrumentos de evaluación variados y actividades de autoevaluación y coevaluación. Así, los alumnos y alumnas podrán valorar su propio aprendizaje, potenciando a la vez la motivación e interés por la asignatura, y el grupo en general podrá conocer el nivel de consecución de las competencias trabajadas en clase. Este tipo de evaluación, servirá como un sistema de diagnosis y retroalimentación del proceso educativo.*

*En definitiva, la impartición de la Geología como materia troncal, científica y aplicada, deberá alejarse de los postulados más academicistas, para potenciar una metodología más participativa y práctica, con la que animar al alumnado a conocer las cualidades geológicas y ambientales de nuestro planeta y a participar generosamente en su defensa.*

*El conocimiento de la geodiversidad de la Tierra, de la importancia social y económica de los recursos geológicos y del valor condicionante de los riesgos geológicos en la actividad humana, debe formar parte del bagaje científico e intelectual de las próximas generaciones de ciudadanos andaluces y españoles.*

#### ➤ Metodología

La metodología consiste en la formulación de aquellos procedimientos o actividades, destinados al proceso enseñanza-aprendizaje, capaces de obtener el máximo rendimiento en el alumno y un afianzamiento de los contenidos lo más óptimo posible.

Este elemento del currículo responde a la pregunta: ¿Cómo enseñar?

A lo largo de esta unidad didáctica se van a llevar a cabo distintos procedimientos para lograr integrar los contenidos requeridos para superar, por parte de los alumnos, los objetivos afines a la misma. Es imprescindible destacar que todas las metodologías utilizadas tratarán de acercarse lo máximo posible al desarrollo de una serie de desempeños que favorezcan la óptima superación de los exámenes de selectividad.

Para comenzar el método enseñanza-aprendizaje de esta unidad, se pondrá en práctica la metodología de las **Ideas Previas**. Se realizará una prueba inicial para conocer los conocimientos previos que presentan los alumnos sobre la misma. En ella expondremos una serie de preguntas en torno a los contenidos de la unidad, invitando a los alumnos a que expongan todo lo que sepan sobre dichas preguntas. Esta metodología es muy importante, pues los conocimientos propios que cada alumno presente sobre esta unidad didáctica antes de ser impartida, va a condicionar la manera de comprender los contenidos sobre la misma, por lo que, conocerlos es necesario para abordar la enseñanza de las distintas unidades didácticas de una u otra forma.

Como es habitual y necesario, las explicaciones del docente se llevarán a cabo en aquellas sesiones que así lo requiera, principalmente durante las primeras, en las que se expondrá la primera parte de la unidad, ya que la última parte de la misma será abordada por el estudiantado de manera distinta a la habitual. Durante la misma, se llevará a cabo una metodología **ABP**, o **Aprendizaje Basado en Proyectos**, denominada durante el resto de la unidad didáctica como “Proyecto de Investigación”, en el que podrán, ellos mismos, y durante una estrecha franja de tiempo, poder ocupar el papel del profesor, a través de la exposición y explicación, al resto de sus compañeros, de sus correspondientes trabajos. Este tipo de metodología implica mucho más al alumnado,

facilitándoles un rol bastante activo, que favorece la motivación de los mismos hacia el aprendizaje de la Geología. Además, ayuda al alumno a adquirir cierta independencia y capacidad para razonar, características imprescindibles para poder desenvolverse con soltura en la prueba de selectividad.

El Aprendizaje Basado en Proyectos, como parte imprescindible de la metodología a seguir, servirá para construir una serie de conocimientos gracias a la resolución, guiada por parte del docente, de una serie de problemas o preguntas planteadas. Este trabajo durará desde el inicio hasta el final de las sesiones requeridas para impartir esta unidad, obligando al alumnado a centrar su atención en obtener y comprender de forma correcta las explicaciones del profesor, para así, gestionar de forma óptima el desarrollo de dichos proyectos. Además, la realización de este Proyecto, requiere la utilización de una segunda metodología, el **Trabajo Cooperativo**, a través del cual, como se comentó anteriormente, los alumnos trabajan de manera conjunta adquiriendo todos los conocimientos necesarios para cubrir los objetivos asociados a esta unidad didáctica.

También se pondrán en práctica ciertas tareas, como cierre a algunas sesiones, para conocer y evaluar los conocimientos que los alumnos van adquiriendo de forma progresiva. Con esta tarea lograremos, también, evitar los despistes y centrar la atención de los alumnos.

De manera complementaria, se llevarán a cabo otras tareas un poco más lúdicas, como la visualización de videos o tareas en el laboratorio. Este tipo de actividades proporcionan una visión más amplia y cercana a los alumnos sobre la Geología, ya que les permite experimentar y observar de manera más directa aquella información obtenida con anterioridad durante las explicaciones del docente.

Para familiarizar a los alumnos con el abordaje de las preguntas tipo selectividad, se realizará un simulacro de esta, la cual incluirá algunas preguntas obtenidas de exámenes oficiales, sobre los contenidos que en esta unidad didáctica se desarrollan.

No debemos olvidarnos de la atención a la diversidad. En referencia a la misma, si así fuese necesario, se propondrán una serie de tareas destinadas exclusivamente a estos alumnos. Si bien es cierto, llegados a este nivel, es difícil encontrar en la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato alumnos que presenten dificultades para cubrir el nivel exigido.

Por último, como cierre a esta unidad, se realizará una prueba final escrita, en la que se alternarán tanto preguntas de desarrollo y preguntas cortas como preguntas de respuesta múltiple y/o imágenes. Al englobar todas estas opciones de respuesta garantizamos que los alumnos desarrollen todas las destrezas de estudio necesarias para abordar correctamente el fin de las mismas, la selectividad.

➤ Recursos didácticos

Para llevar a cabo la metodología desarrollada anteriormente, se utilizarán los siguientes recursos didácticos:

- Libro de texto
- Cuadernos de texto
- Material de papelería
- Ordenador con conexión a Internet
- Material adicional/ Fotocopias
- Pizarra
- Proyector

### **3.7. Actividades**

Para llevar a cabo el proceso enseñanza-aprendizaje de la forma más óptima posible, es necesario utilizar distintos tipos de actividades que, en su conjunto, puedan afianzar al máximo los conocimientos adquiridos por los alumnos. Todos ellos van a realizar una serie de actividades comunes. Sin embargo, también se propondrán actividades de refuerzo para aquellos alumnos que necesiten reforzar algunos conocimientos. Por otro lado, para aquel alumnado que se encuentre avanzado con respecto al resto, se aplicarán actividades de ampliación. A continuación, únicamente trataré de explicar el tipo de actividades que se desarrollaran en esta unidad didáctica, siendo en los anexos donde se plasmen y desarrollen las actividades como tal.

➤ Actividades de iniciación

Este tipo de actividades se centran en captar la atención del alumno, motivándolo y creando una predisposición positiva hacia el desarrollo de la unidad didáctica. Estas actividades juegan un papel muy importante, pues, si los alumnos no se sienten atraídos por la unidad didáctica desde el inicio, bajarán sus expectativas, se desmotivarán y disminuirán su implicación en el desarrollo de la misma.

Además, de manera paralela, nos permiten observar cuáles son los conocimientos o el nivel del cual parten los alumnos, pudiéndonos adaptar a este punto de partida y enfocando el desarrollo de la enseñanza de una manera u otra.

➤ Actividades de desarrollo

Durante las actividades de desarrollo se va a llevar a cabo la explicación de los contenidos de la unidad didáctica, con el fin de que los alumnos adquieran los conocimientos que estos contenidos proporcionan y alcancen los objetivos previstos para esta unidad, además de las competencias clave.

La explicación de los contenidos debe de ser de la forma más ordenada posible, facilitando así el aprendizaje de los alumnos.

➤ Actividades de consolidación

Como su propio nombre indica, estas actividades sirven para consolidar y afianzar los conocimientos que se debieron adquirir durante las actividades de desarrollo.

Si bien es bastante necesario que este tipo de actividades las realicen los alumnos de forma particular, desde la responsabilidad y la motivación para superar la unidad, es igualmente necesario que se realicen este tipo de actividades en las aulas. De esta forma se invita al alumno a concentrar su atención y conseguir una mayor comprensión de la materia impartida por el docente.

➤ Actividades de ampliación

Estas actividades, al igual que las anteriores, también están destinadas a aquellos estudiantes a los cuales podemos incluir en atención a la diversidad. Estos alumnos tienen la capacidad de adquirir de manera más ágil algunos conocimientos. Por este motivo, para que se mantengan motivados y no alcancen el aburrimiento durante el desarrollo de las clases, se les proporciona material adicional. Este material trata de ampliar los contenidos que se están desarrollando en la unidad didáctica, de ahí su nombre.

➤ Actividades de recuperación

Las actividades de recuperación están programadas para aquellos estudiantes que no hayan superado satisfactoriamente la unidad didáctica.

Con estas actividades invitamos a aquellos alumnos que de forma ordinaria no han adquirido los conocimientos necesarios, a potenciar su esfuerzo para poder, a través de una segunda oportunidad, obtener unos resultados óptimos en la consecución de los objetivos requeridos para alcanzar los contenidos preestablecidos en esta unidad didáctica.

➤ Actividades extraescolares

Este tipo de actividades son realizadas por los alumnos en un periodo de tiempo no lectivo, es decir, serán realizadas en sus casas. Con estas actividades conseguimos que se mantengan activos y continúen afianzando la información proporcionada a través del resto de ejercicios, en lugar de abandonar la materia hasta el momento de la evaluación. En este caso, solo se exigirá como parte de estas actividades la realización de los proyectos de investigación.

Con la consecución de todas estas actividades se espera que los resultados obtenidos a lo largo de esta unidad didáctica sean potencialmente favorecedores y enriquecedores para el alumnado.

### 3.8. Temporalización

Según la Orden de 14 de julio de 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, la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato cuenta con 4 horas semanales para la distribución de las distintas sesiones, por lo que, en este caso, la unidad didáctica desarrollada en este documento, va a constar de 10 sesiones de 55 minutos cada una, las cuales englobarían 2 semanas y media para finalizar dicha unidad. Estas semanas formarían parte del tercer trimestre del curso, aproximadamente al inicio del mismo. Con esta distribución temporal, se espera exprimir el máximo rendimiento del alumnado y facilitarle la adquisición y aprendizaje de los contenidos proporcionados. Esta distribución se encuentra organizada con el siguiente esquema:

| <b>Sesión 1</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Contenidos                      | Prueba inicial y Proyecto de investigación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Tiempo     |
| Actividades de unidad didáctica | En esta primera sesión se examinarán las ideas previas de los alumnos sobre los contenidos de esta unidad didáctica. Para ello se realizará una prueba escrita que recoja preguntas acerca de todos estos contenidos, la cual se adjunta en el Anexo 1 como: <b>Prueba inicial</b> .                                                                                                                                                                                                                                                               | 30 minutos |
|                                 | La segunda parte de la sesión será destinada a la explicación del proyecto de investigación que deberán realizar los alumnos para superar esta unidad didáctica. Esta explicación se reforzará con la entrega de un guion en el que aparecerán todas las indicaciones detalladas (Anexo 5: <b>Proyecto de Investigación</b> ). Este proyecto se realizará en <b>grupos</b> (6 grupos de 2-3 personas), los cuales deberán de ser elegidos en este periodo de tiempo. De igual manera, deberá quedar repartido el trabajo que realizará cada grupo. | 25 minutos |
| Instrumentos                    | Fotocopias <b>Prueba inicial y Proyecto de Investigación</b> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |

| <b>Sesión 2</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Contenidos                      | <b>Tectónica de placas: Límites de placas y origen de los volcanes.</b>                                                                                                                                                                                                                         | Tiempo     |
| Actividades de unidad didáctica | Durante la primera parte de la sesión, el docente explicará los contenidos anteriormente mencionados, siempre incidiendo en aquellos con alta probabilidad de aparecer en el examen de selectividad. Por supuesto se atenderán las posibles dudas que puedan aparecer a lo largo de las mismas. | 20 minutos |
|                                 | Durante los 20 minutos siguientes, se visualizarán fragmentos de un video de National Geographic sobre la Tectónica de placas y el origen de los volcanes:<br><a href="https://www.youtube.com/watch?v=bSphDJ9j190&amp;t=670s">https://www.youtube.com/watch?v=bSphDJ9j190&amp;t=670s</a>       | 20 minutos |
|                                 | Una vez concluida la explicación y la visualización del video, se repartirá una actividad tipo test en la que aparecerán preguntas sobre la parte de la unidad didáctica desarrollada durante esta sesión. Esta actividad recibirá el nombre de: <b>Actividad 1</b> (descrita en el Anexo 2)    | 15 minutos |
| Instrumentos                    | Libro de texto, proyector, ordenador, cuaderno de texto y fotocopias <b>Actividad 1</b> .                                                                                                                                                                                                       |            |

| <b>Sesión 3</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Contenidos      | <b>Magma volcánico: Formación y tipos de magma.</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiempo     |
|                 | Se procederá a explicar cómo se origina el magma volcánico y cuáles son los tipos del mismo que se pueden formar. Estas explicaciones se apoyarán por diversos ejemplos. Se respetará el tiempo necesario para la resolución de dudas y se incidirá de nuevo en aquellos contenidos que normalmente aparecen | 20 minutos |

|                                 |                                                                                                                                                                                                      |            |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Actividades de unidad didáctica | en las Pruebas de Evaluación de Bachillerato para Acceso a la Universidad (PEvAU).                                                                                                                   |            |
|                                 | A continuación, en el laboratorio se mostrarán una serie de rocas originadas a partir de los distintos tipos de magma, con el fin de que el alumnado identifique y clasifique cada una de ellas.     | 20 minutos |
|                                 | Esta última parte de la sesión irá destinada a la realización de la <b>Actividad 2</b> (Anexo 3), donde los alumnos pondrán a prueba los conocimientos adquiridos durante esta sesión y la anterior. | 15 minutos |
| Instrumentos                    | Libro de texto, proyector, ordenador, cuaderno de texto y fotocopias <b>Actividad 2</b> .                                                                                                            |            |

| Sesión 4                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Contenidos                      | Propiedades del magma. Materiales expulsados durante una erupción volcánica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Tiempo     |
| Actividades de unidad didáctica | Esta sesión se iniciará con la explicación, por parte del docente, de las propiedades características del magma, así como de aquellos materiales que los volcanes pueden expulsar en función de dichas propiedades. No es necesario mencionar que se resolverán todas las dudas que surjan durante el transcurso de la sesión. De igual forma se resaltarán los contenidos más importantes para la PEvAU.                                              | 20 minutos |
|                                 | Después de dicha explicación por parte del docente, de nuevo en el laboratorio, se procederá a mostrar al alumnado algunos de los materiales expulsados durante las erupciones volcánicas, apoyándolo con un fragmento del siguiente video, en el que aparece la historia de la erupción del Vesubio y la destrucción de Pompeya y Herculano:<br><a href="https://www.youtube.com/watch?v=UTgCqP7ytvo">https://www.youtube.com/watch?v=UTgCqP7ytvo</a> | 20 minutos |
|                                 | Después se procederá al reparto de la <b>Actividad 3</b> , la cual se encuentra redactada en el anexo 4. En esta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |

|              |                                                                                                          |            |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|              | actividad se pondrán a prueba los conocimientos que ha adquirido el estudiante en las sesiones 2, 3 y 4. | 15 minutos |
| Instrumentos | Libro de texto, proyector, ordenador, cuaderno de texto y fotocopias <b>Actividad 3</b> .                |            |

| <b>Sesión 5</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Contenidos                      | <b>Simulacro prueba de selectividad</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tiempo     |
| Actividades de unidad didáctica | <p>Esta sesión al completo irá destinada a la realización de un simulacro de PEvAU, en el que se han recogido contenidos de dos pruebas oficiales desarrolladas durante los años 2016 y 2017, y en las cuales aparecen contenidos de esta unidad. Dichas pruebas aparecen desarrolladas en los siguientes enlaces:</p> <p><a href="https://www.examenesdepau.com/descargar/w3NupJ/">https://www.examenesdepau.com/descargar/w3NupJ/</a></p> <p><a href="https://www.examenesdepau.com/descargar/OebR3g/">https://www.examenesdepau.com/descargar/OebR3g/</a></p> <p>Posteriormente, en el anexo 6 se adjunta la prueba resultante a realizar por los alumnos: <b>Simulacro de PEvAU</b>.</p> | 55 minutos |
| Instrumentos                    | Fotocopias <b>Simulacro de PEvAU</b> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |

| <b>Sesión 6</b>                 |                                                                                                                                                                                                                            |            |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Contenidos                      | <b>Corrección y discusión del simulacro y resolución de dudas exposiciones.</b>                                                                                                                                            | Tiempo     |
| Actividades de unidad didáctica | <p>Durante el desarrollo de esta sesión se corregirá de forma conjunta el simulacro realizado en la sesión anterior, enfatizando en la necesidad de razonar las respuestas para obtener un buen resultado en la PEvAU.</p> | 45 minutos |

|              |                                                                                                                        |            |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|              | Los últimos 10 minutos serán destinados a la resolución de dudas sobre la exposición de los trabajos de investigación. | 10 minutos |
| Instrumentos | Ordenadores, proyector, cuadernos de texto, fotocopias <b>Simulacro de PEvAU</b> .                                     |            |

| <b>Sesión 7</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                      |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Contenidos                      | <b>Exposiciones orales Proyecto de investigación.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Tiempo                                                                               |
| Actividades de unidad didáctica | En la sesión número 7 comienzan las exposiciones orales que los alumnos debieron de preparar para la realización de sus correspondientes proyectos de investigación. Se expondrán dos trabajos en esta sesión y cada uno de ellos finalizará con el planteamiento, hacia el resto de los compañeros, de una serie de preguntas formuladas por el grupo expositor. Todos los alumnos, excepto los del grupo del cual proceden, deberán resolver dichas preguntas. | 10 minutos exposición<br>+ 15 minutos resolución preguntas<br>/<br>Grupo= 50 minutos |
| Instrumentos                    | Proyector, ordenador, cuaderno de texto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                      |

| <b>Sesión 8</b> |                                                                                                                                                                                          |                                       |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Contenidos      | <b>Exposiciones orales Proyecto de investigación.</b>                                                                                                                                    | Tiempo                                |
|                 | Durante esta sesión se llevará a cabo la misma metodología y temporalización que en la sesión anterior. Se procederá a la exposición de los dos grupos siguientes y la resolución de las | 10 minutos exposición<br>+ 15 minutos |

|                                 |                                                   |                                            |
|---------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Actividades de unidad didáctica | correspondientes preguntas al resto del alumnado. | resolución preguntas/<br>Grupo= 50 minutos |
| Instrumentos                    | Proyector, ordenador, cuaderno de texto.          |                                            |

| <b>Sesión 9</b>                 |                                                                                                                                      |                                                                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Contenidos                      | <b>Exposiciones orales Proyecto de investigación.</b>                                                                                | Tiempo                                                                               |
| Actividades de unidad didáctica | Concluirán las exposiciones orales con los dos últimos grupos. La metodología y temporalización es igual a la de las sesiones 6 y 7. | 10 minutos exposición<br><br>+ 15 minutos resolución preguntas/<br>Grupo= 50 minutos |
| Instrumentos                    | Proyector, ordenador, cuaderno de texto.                                                                                             |                                                                                      |

| <b>Sesión 10</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Contenidos                      | <b>Examen final</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiempo     |
| Actividades de unidad didáctica | En esta última sesión se realizará una prueba final, con el fin de conocer y concretar los objetivos alcanzados por los alumnos en la unidad didáctica descrita. Dicha prueba será lo más parecida posible a las llevadas a cabo en la PEvAU. Se encuentra desarrollada en los anexo 8: <b>Examen final.</b> | 55 minutos |
| Instrumentos                    | Fotocopias de <b>Examen Final.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |

### 3.9. Evaluación

La evaluación es de vital importancia, no sólo para conocer los conocimientos y objetivos adquiridos por los alumnos, sino también para identificar si hay errores en la metodología establecida para llevar a cabo el proceso enseñanza-aprendizaje.

La evaluación de esta asignatura, y concretamente de la unidad didáctica aquí plasmada, se realizará de manera individual. Si bien es cierto que en algunas tareas y actividades se evaluarán de forma conjunta a los grupos establecidos, al final cada uno de los componentes del grupo obtendrá su correspondiente nota individual, en base al esfuerzo aportado durante estas actividades.

#### ➤ Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

En base al Anexo I 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, los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje correspondientes a la unidad didáctica desarrollada, los cuales se incluyen en el bloque 7 de la asignatura de geología de 2º de Bachillerato, son los siguientes:

| Bloque 7: Riesgos geológicos                                                                                                                                          |                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Criterios de evaluación                                                                                                                                               | Estándares de aprendizaje                                                                                                                |
| C.E.3. Analizar en detalle algunos de los principales fenómenos naturales: terremotos, erupciones volcánicas, movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral. | E.A.5.1. Interpreta las cartografías de riesgo.                                                                                          |
| C.E.5. Entender las cartografías de riesgo.                                                                                                                           | E.A.6.2. Analiza y comprende los principales fenómenos naturales acontecidos durante el curso en el planeta, el país y su entorno local. |
| C.E.6. Valorar la necesidad de llevar a cabo medidas de autoprotección.                                                                                               |                                                                                                                                          |

También aparece plasmado en el capítulo V del Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía y en la en la Orden de 14 de julio de 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, aspectos relacionados con la evaluación de Bachillerato.

De manera adicional, para cubrir el resto de objetivos descritos en el apartado 3.3 se describen una serie de criterios de evaluación y estándares de aprendizaje específicos:

| <b>Criterios de evaluación</b>                                                                                                  | <b>Estándares de aprendizaje</b>                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C.E.E.1. Entender la tectónica de placas y relacionarla con el origen de los volcanes.                                          | E.A.E.1.1. Comprende la importancia de la tectónica de placas y cómo, debido a ella, se produce la formación de los volcanes.                                       |
| C.E.E.2. Comprender aspectos relacionados con el origen del magma, tales como la formación de la misma y sus propiedades.       | E.A.E.2.1. Identifica aquellas características asociadas a la formación magma y conoce cuales son las propiedades de esta.                                          |
| C.E.E.3. Analizar las posibles consecuencias y repercusiones ambientales que pueden ser producidas tras una erupción volcánica. | E.A.E.3.1. Relaciona las consecuencias ambientales concurridas a lo largo de la historia con aquellas erupciones volcánicas producidas en el mismo lapso de tiempo. |

Por último, para plasmar de manera más visual la relación entre elementos tales como los contenidos, objetivos y criterios y/o estándares de aprendizaje, se muestra una tabla a continuación destinada a dicho fin:

| <b>Contenidos</b>                       | <b>Objetivos</b>                                                                                                                                                          | <b>Criterios de evaluación</b>                                                         | <b>Estándares de aprendizaje</b>                                                                                              |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Introducción:<br>Tectónica de placas | O.E.1. Reconocer los distintos límites de placas y el movimiento entre estas.<br><br>O.E.2. Conocer la relación entre el origen de los volcanes y la tectónica de placas. | C.E.E.1. Entender la tectónica de placas y relacionarla con el origen de los volcanes. | E.A.E.1.1. Comprende la importancia de la tectónica de placas y cómo, debido a ella, se produce la formación de los volcanes. |

|                                                         |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. Vulcanismo: Formación del magma y tipos de magma.    | O.E.3. Afianzar conocimientos sobre las propiedades y formación del magma y caracterizar los distintos tipos de magma en base a su composición. | C.E.E.2. Comprender aspectos relacionados con el origen del magma, tales como la formación de la misma y sus propiedades.                                             | E.A.E.2.1. Identifica aquellas características asociadas a la formación magma y conoce cuales son las propiedades de esta. |
| 3. Vulcanismo: Propiedades del magma                    | O.E.3. Afianzar conocimientos sobre las propiedades y formación del magma y caracterizar los distintos tipos de magma en base a su composición. | C.E.E.2. Comprender aspectos relacionados con el origen del magma, tales como la formación de la misma y sus propiedades.                                             | E.A.E.2.1. Identifica aquellas características asociadas a la formación magma y conoce cuales son las propiedades de esta. |
| 4. Materiales expulsados durante una erupción volcánica | O.E.4. Saber cuáles son los materiales expulsados durante una erupción volcánica.                                                               | C.E.3. Analizar en detalle algunos de los principales fenómenos naturales: terremotos, erupciones volcánicas, movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral. |                                                                                                                            |
| 5. Tipos de erupciones y                                | O.E.5. Saber distinguir entre erupciones                                                                                                        | C.E.3. Analizar en detalle algunos de los principales                                                                                                                 | E.A.6.2. Analiza y comprende los principales                                                                               |

|                              |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                     |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| acontecimientos históricos   | volcánicas y fisurales.<br><br>O.E.6. Asociar determinados acontecimientos históricos con el tipo de erupción a la que pertenecen. | fenómenos naturales: terremotos, erupciones volcánicas, movimientos de ladera, inundaciones y dinámica litoral.<br><br>C.E.5. Entender las cartografías de riesgo                                              | fenómenos naturales acontecidos durante el curso en el planeta, el país y su entorno local.<br><br>E.A.5.1. Interpreta las cartografías de riesgo.                  |
| 6. Consecuencias ambientales | O.E.7. Ser consciente y saber plasmar el daño de las consecuencias de las erupciones en el medio ambiente.                         | C.E.6. Valorar la necesidad de llevar a cabo medidas de autoprotección.<br><br>C.E.E.3. Analizar las posibles consecuencias y repercusiones ambientales que pueden ser producidas tras una erupción volcánica. | E.A.E.3.1. Relaciona las consecuencias ambientales concurridas a lo largo de la historia con aquellas erupciones volcánicas producidas en el mismo lapso de tiempo. |

Para poder identificar el cumplimiento de estos criterios de evaluación y estándares de aprendizaje durante las sesiones establecidas, vamos a analizar varios instrumentos de evaluación:

- Examen final: una vez concluida la enseñanza de los contenidos de la unidad didáctica, se realizará una prueba escrita final donde se plasmarán todos estos contenidos, con el fin de conocer si los alumnos han alcanzado los objetivos preestablecidos. Esta prueba será lo más real posible a un examen de PEvAU, pues es imprescindible acercar y preparar a los alumnos a esta realidad próxima.
- Pruebas tipo tests: se tendrá en cuenta el interés que presenten los alumnos por el abordaje de aquellas pruebas, descritas en la temporalización, que el profesor

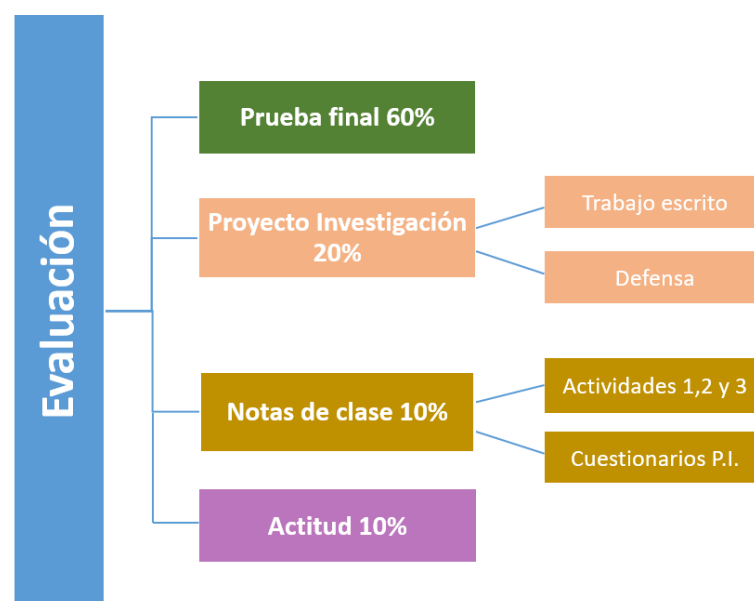
propondrá durante el desarrollo de las sesiones, con el fin de garantizar la atención del alumnado. Además, también se evaluará con este instrumento los conocimientos que los alumnos presenten ante las preguntas descritas hacia ellos en cada uno de los trabajos realizados por sus compañeros.

- Rúbrica: como ya se ha descrito en la metodología, a lo largo de esta unidad va a ser de vital importancia la realización de trabajos en grupo, por lo cual, tanto dicha actividad como la actitud ante estas actividades va a ser fundamental para la evaluación.
- Observación directa: este instrumento de calificación permite la evaluación de la participación y actitud de los alumnos, así como el respeto hacia el resto de sus compañeros y al profesor.

➤ Criterios de calificación

El desarrollo y la consecución de las actividades propuestas a lo largo de toda la unidad didáctica serán evaluadas en torno a una serie de valores, obteniendo una nota final que representará el esfuerzo y la actitud de cada uno de los alumnos en esta unidad. La distribución de estos valores, en porcentajes y por tareas, será la siguiente:

- Prueba escrita final→ esta prueba supone gran parte de la nota, un 60%, ya que es la actividad que más nos prepara para la PEvAU.
- Proyecto de investigación→ esta tarea supondrá el 20% de la nota final de la unidad y en ella se incluirá el cómputo de trabajo escrito y exposición. Se evaluará a través de una rúbrica adjunta en el anexo 5.
- Notas de clase→ estas supondrán un 10%, e incluirán la media de las notas que consigan durante la resolución de las actividades 1,2 y 3 y la de las preguntas que cada grupo expondrá al resto de sus compañeros tras la defensa de sus presentaciones.
- Actitud grupal e individual→ 10%. Esta evaluación dependerá de la observación directa del docente, que deberá de tener en cuenta el comportamiento y participación de los alumnos durante el desarrollo normal de las sesiones y durante la realización del proyecto de investigación y exposiciones pertinentes.



#### ➤ Sistema de recuperación

La prueba escrita, adjunta en el anexo 8 como **Examen final**, que recoge todos los contenidos evaluables de la unidad didáctica, podrá ser recuperada por aquellos alumnos que no la superen satisfactoriamente. Dicha recuperación se llevará a cabo en una sesión posterior, en la que el resto de los alumnos que no requieren de la realización de la misma puedan dedicar ese tiempo a enriquecerse con otras actividades de consolidación de la unidad didáctica correspondiente. Esta prueba aparece en el anexo 9 como **Examen de recuperación**.

Aquellos alumnos que no superen la prueba de recuperación deberán realizar el examen final en junio, junto con el resto de unidades didácticas que no hayan superado. Si a pesar de todo esto siguen sin superar esta unidad, deberán presentarse a la convocatoria extraordinaria en septiembre, examinándose de toda la materia completa. En esta última convocatoria el examen supondrá el 100% de la nota final.

### 3.10. Atención a la diversidad

En el artículo 16 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, se plasman las medidas organizativas y curriculares para la atención a la diversidad y la organización flexible de las enseñanzas, que se corresponden con las siguientes:

*1. Corresponde a las Administraciones educativas regular las medidas de atención a la diversidad, organizativas y curriculares, incluidas las medidas de atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo, que permitan a los centros, en el ejercicio de su autonomía, una organización flexible de las enseñanzas.*

*2. Entre las medidas indicadas en el apartado anterior se contemplarán las adaptaciones del currículo, la integración de materias en ámbitos, los agrupamientos flexibles, el apoyo en grupos ordinarios, los desdoblamientos de grupos, la oferta de materias específicas, los Programas de Mejora del Aprendizaje y el Rendimiento y otros programas de tratamiento personalizado para el alumnado con necesidad específica de apoyo educativo.*

*A estos efectos, los centros tendrán autonomía para organizar los grupos y las materias de manera flexible y para adoptar las medidas de atención a la diversidad más adecuadas a las características de su alumnado y que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos de que disponga. Las medidas de atención a la diversidad que adopte cada centro formarán parte de su proyecto educativo, de conformidad con lo que establece el artículo 121.2 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.*

*3. La escolarización del alumnado con necesidades educativas especiales en centros ordinarios podrá prolongarse un año más, sin menoscabo de lo dispuesto en el artículo 28.5 de dicha Ley Orgánica, según el cual, el alumno o alumna podrá repetir el mismo curso una sola vez y dos veces como máximo dentro de la etapa. Cuando esta segunda repetición deba producirse en tercero o cuarto curso, se prolongará un año el límite de edad al que se refiere el apartado 2 del artículo 4 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo. Excepcionalmente, un alumno o alumna podrá repetir una segunda vez en cuarto curso si no ha repetido en los cursos anteriores de la etapa.*

También se hace referencia de esta en el capítulo VI del Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía y en la Orden de 14 de julio de 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.

La atención a la diversidad es la opción que capacita a los centros educativos para adaptarse al ritmo de aprendizaje de los distintos alumnos. Estas adaptaciones son muy importantes, ya que de ellas dependen la motivación y la facilidad para adquirir los conocimientos requeridos. Aquellos alumnos que no puedan seguir el ritmo normal de las clases, corren el riesgo de desmotivarse y terminar abandonando la asignatura. De igual manera, aquellos otros cuyo nivel esté por encima del de la media, requerirán mayores exigencias, y tendremos que ser capaces de proporcionarles el material necesario que cubra sus expectativas.

Para ello, en esta unidad didáctica se presentan actividades complementarias que cubran las necesidades de los alumnos con estas características. Si bien es cierto que siempre hay excepciones, parece difícil creer que una vez llegados al nivel de exigencia

que supone la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato, la cual es escogida por voluntad propia y porque los alumnos se ven capacitados para cursarla con buenos resultados, pueda haber alumnos con necesidades especiales en la misma, por lo que, en esta unidad didáctica, se ha obviado la presencia de actividades de refuerzo.

Por otro lado, para aquellos otros alumnos cuya exigencia sea mayor, se propondrá una relación de actividades de ampliación con las que se tratará de enriquecer sus capacidades y conocimientos. Estas actividades se desarrollan en el anexo 10: **Actividades de ampliación.**

### 3.11. Conclusiones

La realización de este trabajo ha sido una primera toma de contacto con la realidad a la que se someten a diario los docentes. Más allá del proceso enseñanza-aprendizaje, esta profesión requiere de la preparación y modificación constante de unidades y programaciones didácticas que las incluyen, que son una de las bases en la que se sustenta la educación hoy en día.

Gracias a él, he podido desarrollar ciertos conocimientos sobre el planteamiento de una unidad didáctica y parte de una programación. Además, me ha permitido focalizar cómo debe de ajustarse o en qué dirección debe dirigirse cada una de ellas en función del nivel al cual esté enfocada. De esta forma, he podido familiarizarme con la legislación implicada en el marco de la educación, hasta entonces bastante desconocida para mí. También me ha brindado la destreza de ser capaz de reconocer aquellos objetivos importantes que deben superar los alumnos, así como escoger los métodos de evaluación que mejor se adaptan a una unidad didáctica y nivel de los alumnos. Pero lo más importante, trasladar los contenidos a la vida real, pues aquello con lo que un alumno se sienta familiarizado y pueda aplicar e integrar a sus conocimientos previos, le será mucho más fácil de recordar.

También destacar los conocimientos adquiridos sobre aquellas metodologías que más se ajustan a los diferentes niveles discentes. Respecto a metodología, y desde mi punto de vista, cualquier buen educador debe estar abierto al cambio y a investigar los avances metodológicos que surgen cada corto lapso de tiempo, ya que esto les permite abordar desde distintos puntos de vista el proceso enseñanza-aprendizaje, y adaptar cada grupo de alumnos, en base a sus exigencias y requerimientos, a un tipo, o a varios, de metodologías concretas. Además de las investigaciones sobre metodología, considero de vital importancia la misma sobre las asignaturas que imparta el docente. Es fundamental que este presente conocimientos actualizados, y así lo transmita a sus alumnos. Dicho esto, esta profesión requiere de toda una vida de superación personal y profesional, lo cual me resulta muy gratificante y enriquecedor.

Por otro lado, me hubiese gustado tener la opción de poseer cierto contacto con alumnos del curso al cual se refiere esta unidad, 2º de Bachillerato, con el fin de poder aplicar y conocer de manera más cercana si lo descrito a lo largo de este trabajo se ajusta más o menos a la realidad, sobre todo en lo que respecta a temporalización y diseño de la metodología. Pese a esto, mi corta experiencia durante las prácticas, y aunque no se tratase del mismo nivel educativo, me ha servido para reenfocar y obtener una visión global sobre si el diseño de esta unidad podría ser fiel defensora de la realidad.

Por último, esta experiencia y desarrollo de mi unidad didáctica me han hecho reflexionar sobre la importancia de la asignatura de Geología, la cual, muchas veces, no tiene el reconocimiento necesario por parte de los docentes y el alumnado. Creo que es una asignatura de igual valor que el resto y que no se debería de obviar en ninguno de los casos.

## Anexos

### Anexo 1: Prueba Inicial

Nombre: .....

Curso: ..... Fecha: .....

1. ¿En qué consiste la Tectónica de Placas, descrita únicamente con una frase?
2. ¿Cuántos límites de placas existen?
3. ¿A qué se debe la formación de los volcanes? ¿Conoces los distintos tipos de magma que se pueden originar según su composición?
4. ¿Qué dos tipos de erupciones volcánicas describirías como las más características?
5. ¿Conoces algún/os acontecimiento/s histórico/s de gran impacto ambiental originados por erupciones volcánicas? ¿Qué consecuencias ambientales pueden acarrear?

## **Anexo 2: Actividad 1**

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Nombre: .....             | Calificación: |
| Curso: ..... Fecha: ..... |               |

1. ¿Qué es la tectónica de placas?
  - a) La tectónica de placas consiste en la división de la litosfera terrestre en una serie de fragmentos discretos, los cuales tienen la capacidad de moverse libre e independientemente unos de otros.
  - b) La tectónica de placas consiste en la división del manto terrestre en una serie de fragmentos discretos, los cuales tienen la capacidad de moverse libre e independientemente unos de otros.
  - c) La tectónica de placas consiste en la división de la litosfera terrestre en una serie de fragmentos discretos, los cuales siguen el mismo movimiento una vez que uno de estos fragmentos se desplaza.
2. Los movimientos que se originan en los límites de las placas son:
  - a) Convergentes, de unión y fallas transformantes.
  - b) Convergentes, Divergentes y fallas transformantes.
  - c) De unión, divergentes y fallas transformantes.
3. En relación a los límites de placas divergentes, señala la respuesta Incorrecta:
  - a) En las dorsales, se da la creación continua de fondo oceánico de forma proporcional a la separación entre ambas placas.
  - b) A medida que las dos placas, trozos de litosfera terrestre, que forman la dorsal se separan, el peso que recae sobre el manto, disminuye.
  - c) Durante este proceso, y al disminuir la presión de confinamiento, las rocas del manto necesitan la adición de calor para poder fundirse.
4. En relación a los límites de placas convergentes, señala la respuesta correcta:
  - a) En los límites de placas convergentes, la placa oceánica subduce, con un ángulo y pendiente más o menos inclinado, a la placa continental, destruyendo litosfera oceánica.

- b) En los límites de placas convergentes, la placa continental subduce, con un ángulo y pendiente más o menos inclinado, a la placa oceánica, destruyendo litosfera oceánica.
  - c) En los límites de placas convergentes, la placa continental subduce, con un ángulo y pendiente más o menos inclinado, a la placa oceánica, destruyendo litosfera continental.
5. En relación a las fallas transformantes, señala la respuesta correcta:
- a) Se fractura la corteza oceánica, y se originan movimientos horizontales entre ambos fragmentos.
  - b) Se fractura la corteza continental, y se originan movimientos horizontales entre ambos fragmentos.
  - c) Se fractura la corteza oceánica, y se originan movimientos verticales entre ambos fragmentos.
6. La fusión por descompresión se produce en:
- a) Fallas transformantes
  - b) Límites de placas convergentes
  - c) Límites de placas divergentes
7. En lo que respecta al cómputo de límites de placa convergentes y divergentes:
- a) Se crea continuamente nuevo fondo oceánico, determinando que tenga que haber zonas por donde se compensa esa creación con una destrucción de litosfera oceánica.
  - b) Se destruye continuamente fondo oceánico, que es compensado con la creación de litosfera continental.
  - c) Se crea continuamente fondo oceánico, que proporcionalmente aumenta la extensión de corteza continental.
8. En relación a la Astenosfera, la respuesta correcta es:
- a) Zona del manto caracterizada por su plasticidad y viscosidad, presente a unos 100 Km de profundidad.
  - b) Zona del núcleo caracterizada por su plasticidad y viscosidad, presente a unos 100 Km de profundidad.
  - c) Zona del manto caracterizada por su alta rigidez, presente a unos 100 Km de profundidad.
9. La formación de magma en los límites de las placas convergentes se debe a:

- a) El material de la placa subducente reduce su punto de fusión debido fundamentalmente a la pérdida de agua y dióxido de carbono, permitiendo que sus materiales se fundan y dando lugar a la formación de magma.
- b) El material de la placa que no subduce libera agua y dióxido de carbono a presión, que al entrar en contacto con la placa subducida, la funde, creando el magma.
- c) El material de la placa subducente aumenta su punto de fusión debido fundamentalmente al incremento de volátiles, permitiendo que sus materiales se fundan y dando lugar a la formación de magma.

10. Los volcanes:

- a) Se forman de manera aleatoria y aislada.
- b) No se originan de forma aleatoria, sino que forman una cadena volcánica, que recibe el nombre de “arco volcánico”.
- c) Se originan con una distancia preestablecida, los unos de los otros, recibiendo el nombre de “triángulos volcánicos”.

### **Anexo 3: Actividad 2**

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Nombre: .....             | Calificación: |
| Curso: ..... Fecha: ..... |               |

1. La mayor parte del magma de la Tierra proviene de:
  - a) La litosfera y astenosfera
  - b) El núcleo
  - c) El núcleo y la astenosfera.
  
2. Para la fusión del magma son muy importantes la presencia de factores como son:
  - a) Calor, nitrógeno y presión.
  - b) Calor, agua y presión.
  - c) Calor, SO<sub>2</sub> y oxígeno.
  
3. El gradiente geotérmico consiste en:
  - a) El aumento del calor con la profundidad
  - b) La disminución de calor con la profundidad
  - c) El aumento de calor a medida que nos acercamos a la superficie terrestre.
  
4. Durante el proceso de formación de magma, la presión juega un papel fundamental. En relación a la presión:
  - a) La presión de confinamiento aumento con la profundidad.
  - b) La presión de confinamiento disminuye con la profundidad.
  - c) La presión de confinamiento no se ve alterada con la profundidad.
  
5. Las rocas que forman el magma tiene distintos puntos de fusión, que van a depender de la presión, por lo que:
  - a) A menor presión, mayor es el punto de fusión de las rocas.
  - b) A mayor presión, menor es el punto de fusión de las rocas.
  - c) A mayor presión, mayor es el punto de fusión de las rocas.
  
6. En lo que respecta a la cantidad de agua presente en las rocas, esta va a condicionar la fusión de las mismas:

- a) Aquellas rocas ricas en agua, van a alcanzar su punto de fusión a una temperatura inferior que aquellas otras pobres en H<sub>2</sub>O.
  - b) Aquellas rocas ricas en agua, van a alcanzar su punto de fusión a una temperatura mayor que aquellas otras pobres en H<sub>2</sub>O.
  - c) Aquellas rocas pobres en agua, van a mantener su punto de fusión a una temperatura estable.
7. En base a la composición del magma, este se puede dividir en:
- a) Magma arcilloso, magma basáltico y magma granítico.
  - b) Magma basáltico, magma cristalino y magma arcilloso.
  - c) Magma basáltico, magma andesítico y magma granítico.
8. La principal diferencia entre los 3 tipos de magmas que aparecen en esta unidad es:
- a) Los magmas basálticos tienen una concentración baja en sílice, en los graníticos la concentración de sílice es muy elevada y los andesíticos presentan una cantidad en sílice intermedia entre los dos anteriores.
  - b) Los magmas graníticos tienen una concentración baja en sílice, en los basálticos la concentración de sílice es muy elevada y los andesíticos presentan una cantidad en sílice intermedia entre los dos anteriores.
  - c) Los magmas basálticos tienen una concentración baja en sílice, en los andesíticos la concentración de sílice es muy elevada y los graníticos presentan una cantidad en sílice intermedia entre los dos anteriores.
9. La formación de los volcanes tiene origen principalmente en uno de estos límites:
- a) Divergentes
  - b) Convergentes
  - c) Fallas transformantes
10. Marca la respuesta correcta:
- a) A medida que, en los límites divergentes, se forma nueva corteza oceánica, esta se destruye en los límites convergentes a través de la subducción.
  - b) El material de la placa subducente aumenta su punto de fusión debido fundamentalmente al incremento de volátiles, permitiendo que sus materiales se fundan y dando lugar a la formación de magma.
  - c) La astenosfera es una capa situada en el núcleo que facilita la formación del magma.

### **Anexo 4: Actividad 3**

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Nombre: .....             | Calificación: |
| Curso: ..... Fecha: ..... |               |

1. Las principales propiedades del magma son:
  - a) Temperatura, naturaleza físico-química, viscosidad, cristalización y densidad.
  - b) Naturaleza físico-química, densidad y presión.
  - c) Temperatura, presión, viscosidad, presencia de CO<sub>2</sub> y densidad.
  
2. La temperatura del liquidus es:
  - a) Temperatura a la que el magma cristaliza en su totalidad.
  - b) Temperatura a la que el magma no presenta materia sólida.
  - c) Temperatura en la que el magma se encuentra en un 50% sólida y el 50% restante, cristalizada.
  
3. La temperatura del solidus es:
  - a) Temperatura en la que el magma se encuentra en un 50% sólida y el 50% restante, cristalizada.
  - b) Temperatura a la que el magma no presenta materia sólida.
  - c) Temperatura a la cual, por debajo de ella, todo el magma comienza a cristalizar.
  
4. La capacidad calorífica es:
  - a) La cantidad de calor que hay que adicionar a una sustancia para que esta aumente su temperatura 1°C.
  - b) La cantidad de calor que hay que adicionar a una sustancia para que esta aumente su temperatura 10°C.
  - c) La cantidad de calor que hay que adicionar a una sustancia para que esta disminuya su temperatura 1°C.
  
5. En relación a la viscosidad del magma:
  - a) Es la resistencia que presenta el magma a fluir y depende de la cantidad de sílice que lo componga.
  - b) Cuando aumenta la temperatura, la lava es menos móvil.

- c) La presencia de gases disminuye la fluidez del magma, disminuyendo la viscosidad del mismo.
6. La densidad del magma se ve condicionada por:
- a) Composición, presión y temperatura
  - b) Presencia de oxígeno y presión.
  - c) Composición, presencia de agua y temperatura.
7. Los materiales expulsados por los volcanes durante una erupción son:
- a) Coladas de lava, agua y gases.
  - b) Coladas de lava, fósiles y gases.
  - c) Coladas de lava, materiales piroclásticos y gases.
8. En función de los datos facilitados sobre las coladas de lava:
- a) Solo el 1% del total presente en la Tierra son basálticas.
  - b) El 90 % de todas ellas son basálticas.
  - c) La cantidad de ambos tipos de lavas es similar.
9. Los materiales piroclásticos se liberan al medio en forma de:
- a) Cenizas, gases y lava.
  - b) Roca en polvo, cenizas, lava y estructuras cristalizadas.
  - c) Lava, CO<sub>2</sub> y roca en polvo.
10. ¿Qué son las zonas de Benioff?
- a) Tramos en los que una placa se hunde bajo otra en las inmediaciones de los bordes continentales o de arcos de islas.
  - b) Superficie por la que el volcán libera al medio todos sus materiales durante la erupción.
  - c) Regiones por las que comienza el proceso de fusión y formación del magma.

### **Anexo 5: Proyecto de Investigación**

El desarrollo de este trabajo consistirá en la adquisición de los objetivos y conocimientos necesarios de aquellos contenidos plasmados en esta unidad didáctica relacionados con las erupciones explosivas y fisurales. La metodología será la siguiente:

1. Se formarán 6 grupos, cada uno de ellos constituido por 2-3 alumnos. Una vez formalizados los grupos, cada uno deberá escoger un acontecimiento histórico específico, de entre los siguientes:
  - ✓ Erupción del Pinatubo
  - ✓ Erupción del Tambora
  - ✓ Erupción del Vesubio
  - ✓ Erupción del Ilopango
  - ✓ Traps Siberianos
  - ✓ Traps del Decán
2. Cada trabajo debe estar enfocado como un proyecto de investigación en el que, como su propio nombre indica, cada grupo deberá de recabar y recopilar información sobre el proceso geológico escogido. Para facilitar la búsqueda, se proporciona un guion con las características más importantes que deben describirse en dicho trabajo:
  - ✓ Identificación cartográfica y razonamiento sobre el posible origen del mismo.
  - ✓ Características morfológicas del volcán.
  - ✓ Tipo de magma.
  - ✓ Tipo de vulcanismo.
  - ✓ Localización temporal de la erupción.
  - ✓ Características de la erupción.
  - ✓ Consecuencias ambientales.
3. Concluida la búsqueda, los grupos deberán preparar una defensa en la que expondrán su tema al resto de la clase. Para ello, se apoyarán en los instrumentos que deseen, ya sean PPT, pizarra... pero, tal como se indica, serán solo eso, un apoyo, no podrá leerse directamente del medio utilizado, ya que esto estará penalizado.
4. Por último, cada grupo deberá realizar 5 preguntas cortas al resto de compañeros sobre su trabajo, inmediatamente después de ser expuesto. Estas

preguntas serán evaluables, por lo que es aconsejable prestar atención o tomar nota durante las exposiciones.

5. Como aclaración, recordaros que toda la información recopilada de cada uno de vuestros trabajos formará parte de la prueba final escrita, por lo que este es otro motivo más para esforzaros en prestar atención y comprender lo expuesto por cada uno de vuestros compañeros.

¡Os animo a sacar el máximo provecho a esta actividad!

## Anexo 6: Simulacro de PEvAu



**UNIVERSIDADES DE ANDALUCÍA**  
**PRUEBA DE ACCESO Y ADMISIÓN A LA**  
**UNIVERSIDAD**  
CURSO 2016-2017

**GEOLOGÍA**

- Instrucciones:**
- a) Duración: 1 hora y 30 minutos.
  - b) El alumno elegirá una de las dos opciones propuestas (A o B).
  - c) La puntuación está indicada en cada uno de los apartados.
  - d) Se permitirá el uso de calculadoras que no sean programables, gráficas ni con capacidad para almacenar o transmitir datos.

### OPCIÓN A

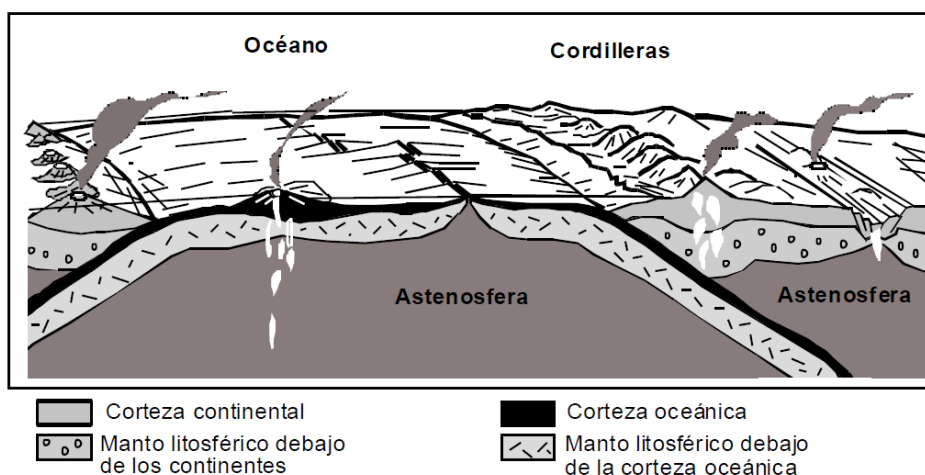
**PREGUNTAS** (puntuación máxima: 4 puntos; 0,8 puntos por cuestión).

1. Indique (Sí/No) de los siguientes postulados uniformistas cuáles son aceptables desde la perspectiva de la teoría de la Tectónica de Placas:

- a) Los procesos geológicos siempre se han regido por las mismas leyes físicas.
  - b) El ritmo de cambio es generalmente lento, gradual y continuo en el tiempo.
  - c) La edad de la Tierra es muy antigua, probablemente date de millones de años.
  - d) A pesar de su dinamismo, La Tierra siempre ha tenido un aspecto similar.
2. ¿Qué factores favorecen las erupciones volcánicas no explosivas?
3. ¿Qué es una dorsal oceánica?

**PREGUNTA DE APLICACIÓN** (puntuación máxima: 3 puntos; 1 punto por cuestión).

La figura siguiente ilustra diversos procesos geológicos relacionados con los movimientos de las placas litosféricas.



- a. Describa los tipos de límites de placas que se observan en la figura. ¿Qué procesos intraplaca se ilustran en ella?
- b. Justifique el número de placas litosféricas que se observan en la figura anterior.
- c. Explique la formación de las montañas que se observan en la parte derecha de la ilustración. ¿Por qué debajo de las montañas es más gruesa la corteza continental?

### Anexo 7: Rúbrica Proyecto de Investigación

|                                            |               |
|--------------------------------------------|---------------|
| Nombre: .....<br>Curso: ..... Fecha: ..... | Calificación: |
|--------------------------------------------|---------------|

| CRITERIOS                                                                                                                         |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Trabajo escrito</b>                                                                                                            | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
| La redacción es clara y el lenguaje sintáctico y gramatical es correcto.                                                          |          |          |          |          |          |
| Identifica el propósito, los objetivos e ideas principales.                                                                       |          |          |          |          |          |
| El contenido es organizado y coherente.                                                                                           |          |          |          |          |          |
| Incluye todos los objetivos y propósitos enunciados en el guion.                                                                  |          |          |          |          |          |
| Los alumnos demuestran comprender y dominar el tema, explicando con propiedad el contenido escogido para desarrollar el proyecto. |          |          |          |          |          |

|                                                                                                                                                             |          |          |          |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Las ideas y argumentos del trabajo escrito están bien fundamentadas y apoyadas por los recursos proporcionados en el resto de sesiones impartidas en clase. |          |          |          |          |          |
| Se utiliza un lenguaje acorde con el nivel que presentan los alumnos.                                                                                       |          |          |          |          |          |
| El trabajo presenta originalidad.                                                                                                                           |          |          |          |          |          |
| El redactado está construido de tal forma que facilita la lectura y comprensión del trabajo.                                                                |          |          |          |          |          |
| Incluye conclusiones bien argumentadas, claras y con peso, que muestren la capacidad de reflexión de los alumnos.                                           |          |          |          |          |          |
| <b>Defensa oral</b>                                                                                                                                         | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
| La selección de la información plasmada en el medio seleccionado para la exposición, es la correcta.                                                        |          |          |          |          |          |
| Estructura de manera eficaz dicha información.                                                                                                              |          |          |          |          |          |
| Expone de manera fluida y ordenada.                                                                                                                         |          |          |          |          |          |
| Se apoya en el medio escogido para la exposición, sin recurrir en exceso a él y sin leer del mismo.                                                         |          |          |          |          |          |
| Ajusta la exposición de su trabajo al tiempo predeterminado.                                                                                                |          |          |          |          |          |
| Su expresión corporal y visual son acordes con el fin.                                                                                                      |          |          |          |          |          |
| Precisa un lenguaje oral acorde al nivel de estudios que presentan los alumnos.                                                                             |          |          |          |          |          |

|                                                                                      |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| El tono de voz es el adecuado y denota interés por el desarrollo de la presentación. |  |  |  |  |  |
| Presenta los conocimientos adquiridos con seguridad y conocimiento de causa.         |  |  |  |  |  |

La escala numeral se corresponde con los siguientes rangos de notas:

1. Insuficiente
2. Suficiente
3. Bien
4. Notable
5. Sobresaliente

De manera adicional, se pueden utilizar los siguientes símbolos: ↑ o ↓, los cuales indicarán si la nota está más próxima al siguiente o anterior rango de nota.

### Anexo 8: Examen final

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Nombre: .....             | Calificación: |
| Curso: ..... Fecha: ..... |               |

#### **TEMA** (puntuación máxima: 3 puntos)

Fusión del magma: factores y aspectos más importantes de los mismos.

#### **PREGUNTAS** (puntuación máxima: 4 puntos; 0,8 puntos por cuestión)

1. Enumere los principales acontecimientos históricos sobre los dos tipos de erupciones mencionadas en clase.
2. ¿Qué implica la tectónica de placas?
3. ¿Cuáles son las propiedades del magma? Descríbalas brevemente.
4. ¿Cuál es la principal diferencia entre magmas basálticos y graníticos? ¿Existe algún otro tipo? ¿Qué lo/s diferencia/n de los dos anteriores?
5. ¿Qué son las fallas transformantes? ¿Pueden estas originar vulcanismo? Razónelo.

#### **PREGUNTA DE APLICACIÓN** (puntuación máxima: 3 puntos; 1 punto por cuestión)

La siguiente ilustración muestra una erupción volcánica. En base a ella, conteste las siguientes cuestiones:



1. Según la imagen adjunta, ¿qué tipo de erupción se presenta? ¿En qué observaciones basa su respuesta?
2. Describa los materiales expulsados durante este proceso. ¿Qué tipo de lava crees que libera este volcán? Razone su respuesta.
3. ¿Qué consecuencias ambientales cree que podría originar? ¿Por qué?

### Anexo 9: Examen de recuperación

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Nombre: .....             | Calificación: |
| Curso: ..... Fecha: ..... |               |

**TEMA** (puntuación máxima: 3 puntos).

Formación de los volcanes. Describe el proceso desde el cual se originan, cómo se forma el magma y por qué se produce la erupción de los mismos.

**PREGUNTAS** (puntuación máxima: 4 puntos; 0,8 puntos por cuestión).

1. ¿En qué consiste, en pocas palabras, la tectónica de placas?
2. ¿Cuáles son los principales tipos de erupciones volcánicas? ¿De qué factor depende, en gran medida, que se origine una u otra? Argumente como influye.
3. ¿Qué son las series de reacción de Bowen?
4. ¿Cuáles son los materiales piroclásticos liberados durante una erupción volcánica?
5. Describa brevemente los diferentes tipos de magmas.

**PREGUNTA DE APLICACIÓN** (Puntuación máxima: 3 puntos; 1 punto por cuestión).

En la siguiente imagen aparece un terreno en el que se está produciendo una tormenta imperiosa. En base a esto, contesta las siguientes preguntas:



1. ¿Qué representa la imagen? ¿A qué se debe este fenómeno?
2. ¿Qué otras consecuencias ambientales originan las erupciones volcánicas? ¿Por qué se originan?
3. Nombra 4 acontecimientos históricos que destaquen por su gran influencia en el medio ambiente. Explica qué cambios originó en el mismo.

### Anexo 10: Actividades de ampliación

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Nombre: .....             | Calificación: |
| Curso: ..... Fecha: ..... |               |

1. ¿Qué otras hipótesis se barajaban sobre la formación de los volcanes antes de conocer la Tectónica de Placas?
2. ¿Qué ocurriría si las rocas que forman el magma no se encontrasen hidratadas?
3. Investiga la relación entre la temperatura y la cristalización de los distintos minerales en función de los diferentes puntos de fusión de los mismos.
4. ¿Cuáles crees que son más devastadoras, las erupciones volcánicas o las fisurales? ¿Por qué?
5. Busca información sobre otras erupciones volcánicas acontecidas a lo largo de la historia y cuáles fueron las repercusiones de las mismas.
6. ¿Crees que una erupción volcánica puede producir por sí sola la extinción de toda una especie?
7. ¿Qué opinas sobre la datación mediante los anillos de crecimiento de los árboles?

## REFERENCIAS

- Alvarado-Zamorano, C., Garritz, A., Guerra-Santos, G. V., Sosa, A. M., & de Teresa, C. (2011). Enseñanza y aprendizaje de ácidos y bases en contexto: acidificación de los océanos. *Educació química*, (10), 4-10. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=alvarado-zamorano++ense%C3%B1anza+y+aprendizaje+de+acidos+y+bases&btnG](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=alvarado-zamorano++ense%C3%B1anza+y+aprendizaje+de+acidos+y+bases&btnG)
- Brasseur, G., & Granier, C. (1992). Mount Pinatubo aerosols, chlorofluorocarbons, and ozone depletion. *Science*, 257(5074), 1239-1242. Recuperado de: <https://science.sciencemag.org/content/257/5074/1239>
- Cano, J. (1994). Grandes erupciones volcánicas y su influencia en el clima. 231-237. Recuperado de: [https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/968/1/grandes\\_cal94.pdf](https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/968/1/grandes_cal94.pdf)
- Daag, A., & Van Westen, C.J. (1996). Cartographic modelling of erosión in pyroclastic flow deposits of Mount Pinatubo, Philippines. *ITC Journal*, (2), 110-124. Recuperado de: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6266036>
- Di Vito, M. A. (2007). El Somma-Vesubio y la erupción del 79 d. C. *Pompeya y Herculano a la sombra del Vesubio*, 10-14. Recuperado de: <https://www.earth-prints.org/bitstream/2122/7922/1/pompeya.pdf>
- Dull, R. A., Southon, J. R., Kutterolf, S., Anchukaitis, K. J., Freundt, A., Wahl, D. B., Sheets, P., Amaroli, P., Hernandez, W., Wiemann, M. C., & Oppenheimer, C. (2019). Radiocarbon and geologic evidence reveal Ilopango volcano as source of the colossal 'mystery' eruption of 539/40 CE. *Quaternary Science Reviews*, 222, 1-17. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.07.037>
- Edward, T., & Frederick, L. (2018). *Ciencias De La Tierra. Una introducción a la geología física*. Madrid, España: Pearson.
- García, J. L., & Rodríguez, C. (1988). Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 6(2), 161-166. Recuperado de: [https://scholar.google.es/scholar?q=metodologia+ideas+previas&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.es/scholar?q=metodologia+ideas+previas&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart)
- Gil, M., & Yela, M. (1994). La radiación difusa crepuscular en presencia de aerosoles estratosféricos: el impacto de la erupción del Monte Pinatubo. *Óptica pura y*

- aplicada*, 27(1), 20-35. Recuperado de:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6818086>
- Guitert, M., & Giménez, F. (2000). Trabajo cooperativo en entornos virtuales de aprendizaje. *Aprender en la virtualidad*, 10(1), 10-18. Recuperado de:  
<https://pdfs.semanticscholar.org/36b9/81fc0bccf6fa7100a37256d1d627a77a15b7.pdf>
- Hasler, P., & Palaniappan, M. (1991). *Typhoon Yunya beginning to collide with Mount Pinatubo's ash cloud as seen from space, June 15, 1991, hours before the volcano's climatic eruption. National Air and Space Administration (NASA)*. Recuperado de:  
<https://seabeemagazine.navylive.dodlive.mil/2018/06/15/kicking-ash-the-seabees-of-operation-fiery-vigil/>
- Hernández, J. M., Lara, J. R., & Gaxiola, G. (2017). Acidificación del océano: situación en aguas mexicanas. *Elementos para Políticas Públicas*, 1(1), 35-42. Recuperado de:  
<http://www.lead.colmex.mx/pdfs/elementos-politicas-publicas-ene-abr-2017.pdf#page=37>
- Martí, J.A., Heydrich, M., Rojas, M., & Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11-21. Recuperado de:  
[http://cetis58.net/media/nfiles/2014/05/user\\_2\\_20140520165027.pdf](http://cetis58.net/media/nfiles/2014/05/user_2_20140520165027.pdf)
- Marvin, J. (2017). Evidence of Variable Earth-heat Production, Global Non-anthropogenic Climate Change, and Geoengineered Global Warming and Polar Melting. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 10(1), 1–16. Recuperado de: <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2017/32220>
- Petrone, P.(2019). The Herculaneum victims of the 79 AD Vesuvius eruption: a review. *Journal of Anthropological Sciences*, 97, 69-89. Recuperado de: <http://www.isita-org.com/jass/Contents/2019vol97/Petrone/31782750.pdf>
- Robock, A. (2003). Introduction: Mount Pinatubo as a test of climate feedback mechanisms. *Volcanism and the Earth's Atmospheres*, 139, 1–8. Recuperado de:  
<https://doi.org/10.1029/139GM01>
- Romero, P. (2017). *Actividad volcánica y extinción masiva en el transcurso del Pérmico al Triásico: impacto sobre el clima y la biodiversidad* (Trabajo fin de grado). Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España. Recuperado de:  
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5775/Actividad+volcanica+y+extincion+masiva+en+el+transcurso+del+Permico+al+Triasico+impacto+sobre+el+clima+y+la+biodiversidad.pdf?sequence=1>
- Schoene, B., Samperton, K. M., Eddy, M. P., Keller, G., Adatte, T., Bowring, S. A., Khadri, S. F. R., & Gertsch, B. (2015). U-Pb geochronology of the Deccan Traps and

relation to the end-Cretaceous mass extinction. *Science*, 347(6218), 182–184.  
Recuperado de: <https://doi.org/10.1126/science.aaa0118>

Sebastián, M., & Benavides, O. (2013). *Modelo de asentamiento de emergencia para comunidades afectadas por desastres* (tesis doctoral). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/18330>

Soto, G. J. (2014). *Los Plinius, el Vesubio, Pompeya y el Imperio Romano de la segunda mitad del siglo I* (Trabajo Fin de Grado). Universidad Latina, Costa Rica. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/281359457\\_Los\\_Plinios\\_el\\_Vesubio\\_Pompeya\\_y\\_el\\_Imperio\\_Romano\\_de\\_la\\_segunda\\_mitad\\_del\\_siglo\\_I](https://www.researchgate.net/publication/281359457_Los_Plinios_el_Vesubio_Pompeya_y_el_Imperio_Romano_de_la_segunda_mitad_del_siglo_I)

Sucharita, P., Surabhi, S., & Shrivastava, J.P. (2020). "Environmental effects of Deccan volcanism on biotic transformations and attendant Cretaceous/Paleogene boundary mass extinction in the Indian subcontinent: Organo-molecular evidence". *Mass Extinctions, Volcanism, and Impacts: New Developments*, 544, 165-173. Recuperado de: <https://massextinction.princeton.edu/topical/deccan-volcanism/environmental-effects-deccan-volcanism-across-cretaceous-tertiary-transition-meghalaya-india>

Tyrrell, G.W. (1960). *Principios de Petrología*. México: Continental.

Vergara, C. (2014). *Volcán Tambora (Indonesia) en 1815: La erupción más grande de la historia y sus consecuencias*. (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Chile, Chile. Recuperado de: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38497178/Volcan\\_Tambora-Camilo\\_Vergara.pdf?1439828464=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVolcan\\_Tambora\\_Indonesia\\_en\\_1815\\_La\\_erup.pdf&Expires=1591376736&Signature=XGyHKBfV3u0D-Q-VcEtml6uMqxSU9J2547M3joNNgoyRZLwaUXwdU-k1VO39Wgfc4qSnz4aJtSSStQvOhuZfknGA6Dc4B5Su8MNsQiBnLzpha-6N3ZvDoFoe9n-vypmWXF~rGpChCHUI9Yq0~SefWq-m74RflbG-Z5SHqDU-ynlr~yY~jhrMrcS6~PLXida1gNJM9leurIWgr9bj-oj3pun0tfYK4co59X~CKtS9Zx7BEVzNQSHNFluAlttnS9R7gAoOT~9AU00~IhpbZb7BRamXeGO-ZHr5Rva0rc2Jf8mm~7buGzRjf16EbW4WYW7LpUKJZhtTiUkYOKesf8Ocmw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38497178/Volcan_Tambora-Camilo_Vergara.pdf?1439828464=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVolcan_Tambora_Indonesia_en_1815_La_erup.pdf&Expires=1591376736&Signature=XGyHKBfV3u0D-Q-VcEtml6uMqxSU9J2547M3joNNgoyRZLwaUXwdU-k1VO39Wgfc4qSnz4aJtSSStQvOhuZfknGA6Dc4B5Su8MNsQiBnLzpha-6N3ZvDoFoe9n-vypmWXF~rGpChCHUI9Yq0~SefWq-m74RflbG-Z5SHqDU-ynlr~yY~jhrMrcS6~PLXida1gNJM9leurIWgr9bj-oj3pun0tfYK4co59X~CKtS9Zx7BEVzNQSHNFluAlttnS9R7gAoOT~9AU00~IhpbZb7BRamXeGO-ZHr5Rva0rc2Jf8mm~7buGzRjf16EbW4WYW7LpUKJZhtTiUkYOKesf8Ocmw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

## WEBGRAFÍA

<https://www.boe.es/legislacion/codigos/codigo.php?id=206&modo=1&nota=0&tab=2>

<https://www.adideandalucia.es/?view=disposicion&cat=13>

[https://www.juntadeandalucia.es/economiaconocimientoempresasyuniversidad/siguit/?q=grados&d=g\\_b\\_exámenes\\_anteriores.php](https://www.juntadeandalucia.es/economiaconocimientoempresasyuniversidad/siguit/?q=grados&d=g_b_exámenes_anteriores.php)

<https://www.examenesdepau.com/descargar/w3NupJ/>

<https://www.examenesdepau.com/descargar/OebR3g/>

<https://es.calameo.com/read/000666811d04ab31b1427>

<https://www.pinterest.es/pin/AbVcTmMvjCcWFHWuexci-sT1nXJmzARtq09XmQl53-EkRXCluwmVs-E/>

<https://www.ancient-origins.es/noticias-evolucion-origenes-humanos/historia-volcan-antiguo-005868>

<https://dianacantarey.wordpress.com/2019/01/09/lluvia-acida/>

<https://www.youtube.com/watch?v=bSphDJ9j190&t=670s>

<https://www.youtube.com/watch?v=UTgCqP7ytvo>