

**MÁSTER DE PROFESOR DE  
EDUCACIÓN SECUNDARIA  
OBLIGATORIA Y BACHILLERATO,  
FORMACIÓN PROFESIONAL Y  
ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

**ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA**



---

**Universidad de Valladolid**

**LA GEODA GIGANTE DE PULPÍ COMO OPORTUNIDAD  
DOCENTE EN GEOLOGÍA**

Autor: Alberto J. Esteban Puga

Tutor: Javier Pinto Sanz

Curso: 2019/2020

# ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	JUSTIFICACIÓN.....	3
3	APLICACIÓN SEGÚN LA NORMATIVA.....	5
3.1	ASIGNATURA Y NIVEL DE SECUNDARIA .....	5
3.2	CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE .....	7
3.3	COMPETENCIAS BÁSICAS DESARROLLADAS .....	9
4	DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA .....	11
4.1	CONTENIDOS TEÓRICOS .....	11
4.1.1	DESARROLLO DE CONTENIDOS GEOLÓGICOS .....	11
4.1.2	QUE ES UNA GEODA.....	13
4.1.3	CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA FORMACIÓN DE LA GEODA GIGANTE DE PULPÍ.....	16
4.1.4	PROCESO KÁRSTICO .....	19
4.1.5	PROCESO HIDROTERMAL .....	27
4.1.6	HISTORIA DE MINA RICA Y DESCUBRIMIENTO DE LA GEODA GIGANTE DE PULPÍ.....	29
4.2	PROPUESTA DIDÁCTICA.....	33
4.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	33
4.2.2	METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE .....	33
4.2.3	BLOQUE DE ASIGNATURA .....	35
4.2.4	OBJETIVOS .....	36
4.2.5	SECUENCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL.....	36
4.2.6	RELACIÓN ENTRE LOS CONTENIDOS, ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y COMPETENCIAS TRABAJADOS .....	38
4.2.7	MEDIDAS DE ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD .....	40
4.2.8	EVALUACIÓN .....	40
5	CONCLUSIONES.....	46
6	BIBLIOGRAFIA .....	47
7	ANEXOS.....	51
7.1	ANEXO A. Tour a través del interior de la Mina Rica. ....	51
7.2	ANEXO B. Infografía.....	51
7.3	ANEXO C. Presentación PowerPoint.....	53
7.4	ANEXO D. Práctica de laboratorio: “Formación de cristales de Sulfato de Cobre”.....	64

## 1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto recoge mucho de lo aprendido a lo largo del Máster en Profesor de Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas en la especialidad Biología y Geología en la Universidad de Valladolid; y, como culminación del Máster, se presenta como Trabajo de Fin Máster.

El tema del proyecto, “La Geoda Gigante de Pulpí como Oportunidad Docente en Geología”, me interesó desde un primer momento. Interés que se vio reforzado una vez iniciadas las prácticas en los centros educativos al comprobar que la geología cada vez les interesa menos a los jóvenes, lo que me hizo tomar el desarrollo del proyecto con más entusiasmo con el fin de causar un impacto positivo en los alumnos.

Atendiendo a la actualidad educativa en la que nos encontramos, donde cada vez es más necesario que docentes actualicen las metodologías de aprendizaje empleadas en clase, debemos apoyarnos en las nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje disponibles. El empleo de éstas debe llevarse a cabo para conseguir atraer el interés de los alumnos, aprovechando así la disponibilidad que tienen de equipos móviles informáticos.

El uso de este tipo de metodologías, las cuales se basan casi todas en el empleo de TIC, les permite cierta libertad en la búsqueda de información. Gracias a esto, se permite a los alumnos desarrollar y potenciar sus cualidades y destrezas en el uso de aplicaciones informáticas.

En el caso de este trabajo, se va a trabajar con el descubrimiento de la Geoda Gigante de Pulpí, diseñando su utilización como recurso didáctico. Dicha geoda fue descubierta en el año 1999, y hasta el pasado año 2019 no fue abierta al público para ser visitada. El hecho de que sea tan reciente esta fecha hace que los alumnos puedan tener cierta curiosidad por conocer los procesos de su formación y, lógicamente, realizar una visita al interior de la geoda. Para conseguir despertar esa curiosidad, este trabajo se concretará en una unidad didáctica.

Para poner en práctica y evaluar el diseño de la unidad didáctica que forma parte de este trabajo, iba a aprovechar mi periodo de prácticas en un centro educativo, pero debido a la contingencia ocurrida con el virus COVID-19, no se pudo llevar a cabo. En particular, se iba a desarrollar con los alumnos de 1º de Bachillerato en la asignatura de Biología y Geología, contexto para el cual ha sido diseñada dicha unidad.

El presente trabajo comienza con una justificación basada en el desarrollo de las nuevas metodologías de enseñanza y mostrando el decaimiento del modelo tradicional, para después enmarcar el trabajo en la normativa educativa actual, donde se relacionan los contenidos, competencias clave y los estándares de aprendizaje evaluables.

A continuación, encontramos la propuesta didáctica propiamente dicha, la cual se divide por un lado en los contenidos teóricos, y por otro lado en el desarrollo de la intervención. Dentro de los contenidos teóricos, se desarrolla todo lo concerniente al concepto y procesos de formación de la Geoda Gigante de Pulpí, al descubrimiento de la misma y de su explotación como Patrimonio Geológico. Y en el desarrollo de la intervención encontramos la metodología de aprendizaje planteada, los objetivos, secuencia temporal de las sesiones y la evaluación de las mismas.

Por último, se presentan las conclusiones finales del trabajo, la bibliografía utilizada y los anexos.

## 2 JUSTIFICACIÓN

En el momento actual en el que nos encontramos, donde cada vez los alumnos disponen de una forma más fácil y rápida de la información existente en internet, debemos aprovechar esta realidad para hacer una renovación metodológica en el sistema educativo, especialmente en los niveles más superiores.

Desde que surgió la educación como tal, esta ha ido cambiando de forma notoria a lo largo de su historia. Estos cambios han incluido tanto a los centros educativos, como a los docentes y los alumnos. Con la llegada de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) y de sus grandes posibilidades en el mundo de la docencia, se han hecho más evidentes los cambios en la metodología de enseñanza.

En la actualidad están apareciendo nuevas metodologías de enseñanza, las cuales se están instalando en los centros educativos con mucha fuerza. Ejemplos de ellas son:

- **Método Montessori.** Este método se basa en el principio de que los niños deben tener completa libertad para aprender y desarrollarse por sí solos. De esta forma el niño adquiere un papel activo en su aprendizaje (Delgado, 2020).
- **Design Thinking.** Es un concepto cuya metodología se ha venido implementando gradualmente en los últimos años en diferentes empresas como una forma de crear productos y servicios que tiendan a satisfacer en mejor manera las necesidades de los usuarios haciéndolos parte activa del proceso de creación (Isaza, 2016).
- **Aprendizaje Basado en Retos (ABR).** Esta metodología se desarrolla en detalle posteriormente.
- **Aprendizaje Basado en Proyectos (APB).** Esta es una metodología de aprendizaje donde los estudiantes tienen un rol activo, favoreciendo la motivación académica donde los alumnos trabajarán en grupo y se relacionarán con otros compañeros (Ministerio de Educación, cultura y deporte, 2015).
- **Método Waldorf.** Busca el desarrollo de cada niño en un ambiente libre y cooperativo, sin exámenes y con un fuerte apoyo en el arte y los trabajos manuales (González, s,f).
- **Flipped Classroom.** Esta metodología se desarrolla en detalle posteriormente.

Este auge de las nuevas metodologías, basadas sobre todo en el uso de las TIC, hace necesario que el planteamiento de este proyecto se base en el empleo de dichas metodologías, que van encaminadas a conseguir un aprendizaje significativo por parte de los alumnos, evitando la memorización sistemática de contenidos. En esta propuesta se va a utilizar la Flipped Classroom y el Aprendizaje Basado en Retos (ABR).

Flipped Classroom es un modelo pedagógico en el que los elementos tradicionales de la lección impartida por el profesor se invierten: los materiales educativos primarios son estudiados por los alumnos en casa y, luego, se trabajan en el aula. El principal objetivo de esta metodología es optimizar el tiempo en clase dedicándolo, por ejemplo, a atender las necesidades especiales de cada alumno, desarrollar proyectos cooperativos o trabajar por proyectos (Redacción Realinfluencers, 2018). Se caracteriza principalmente por ser el aprendizaje semipresencial, lo que aumenta el compromiso e implicación por parte del alumno, permite disponer de mayor tiempo para resolver dudas por parte de los docentes y la creación de un ambiente colaborativo y participativo (Tekman Education, 2015).

En el Aprendizaje Basado en Retos (ABR), es clave la introducción del trabajo interdisciplinar, lo que facilita al alumno relacionar conocimientos que provienen de distintas disciplinas con un objetivo concreto: hallar un aprendizaje funcional que le permita aplicar y poner en práctica no sólo los conocimientos que adquiere, sino también sus habilidades. Al respecto, Pascual (2019) afirmó que “No es algo que se queda en un cajón. El Aprendizaje Basado en Retos es una solución a un reto real que existe en nuestro entorno cercano o sociedad” (Citado en De Miguel, 2019, p.1). Dentro de sus características, el aprendizaje se basa en el reto, el cual detona la obtención de nuevos conocimientos, mediante el enfoque de una situación problemática, obteniendo por parte de los alumnos una solución al reto planteado.

Ante las nuevas perspectivas aportadas por estas metodologías, nos debemos de cuestionar si limitarnos al uso de las metodologías tradicionales de enseñanza es recomendable. Estos métodos tradicionales presentan varios inconvenientes, como que los alumnos se centran en la memorización de la información y no en su comprensión, los métodos de evaluación generan frustración, no se estimula la curiosidad ni creatividad de los alumnos y los conocimientos adquiridos es muy probable que acaben olvidándose a corto plazo (Salvador, 2019).

Otro aspecto a mejorar respecto a las metodologías tradicionales sería la habitual utilización del libro de texto o los apuntes de clase como única fuente de información, a partir de la cual los alumnos aprenden y estudian. Hoy en día, con Internet a disposición de la inmensa mayoría de alumnos, es una pena limitar los conocimientos de éstos a unos apuntes o a un guion a seguir. Con unos conocimientos sobre cómo buscar la información que se desea en Internet y la diferenciación de las fuentes fiables de las que no lo son, los alumnos serían capaces de obtener información de calidad que permita y refuerce su aprendizaje. De esta forma se consigue una mayor involucración de los alumnos, que se traduce positivamente en la calidad del aprendizaje, y se propicia así la adquisición de conocimientos más enriquecedores y de interés para el alumno, y que no tienen que estar necesariamente limitados a los contenidos mínimos exigidos en la asignatura. Además, este proceder los prepara para que el día de mañana sean capaces de encontrar aquella información que necesiten por ellos mismos. Esto último está en la misma línea de las metodologías planteadas en el desarrollo de la unidad didáctica.

A modo de resumen, con este trabajo fin de Máster se pretende llegar a los siguientes objetivos generales:

- Mostrar una nueva metodología de enseñanza diferente al aprendizaje tradicional, que favorezca la motivación de los alumnos. Ejemplos de estas metodologías son las que se desarrollan en este trabajo: Flipped Classroom, y Aprendizaje Basado en Retos.
- Analizar las metodologías de Clase Invertida o Flipped Classroom y Aprendizaje Basado en Retos (ABR), para obtener una idea de sus características y sus ventajas respecto a otros métodos.
- Observar si con la aplicación de nuevas metodologías de enseñanza los alumnos son capaces de conseguir un aprendizaje significativo.
- Conocer criterios para reconocer fuentes fiables de información.
- Aplicar la metodología descrita mediante el diseño de un proyecto para estudiantes de 1º de Bachillerato.
- Valorar si es viable la puesta en práctica de esta metodología.

### 3 APLICACIÓN SEGÚN LA NORMATIVA

#### 3.1 ASIGNATURA Y NIVEL DE SECUNDARIA

La geoda de Pulpí, a través de los diferentes procesos involucrados en su formación, puede ser utilizada como un valioso recurso docente en la asignatura de Biología y Geología de Educación Secundaria y Bachillerato. Atendiendo a la transversalidad de contenidos entre asignaturas, el estudio y la comprensión de los procesos que dan lugar a la formación de la geoda implican el uso de la formulación química inorgánica. Esto hace necesario el conocimiento de los contenidos de la asignatura de Física y Química. El currículo de las asignaturas de “Biología y Geología” y “Física y Química”, según la ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León, está planteado de tal manera que los alumnos “*analicen el mundo natural desde la metodología de la ciencia y utilicen las Tecnologías de la Información y de la Comunicación para la búsqueda de información, la presentación de sus observaciones y la elaboración de sus conclusiones*” (p.55). Este objetivo sustenta la presente intervención didáctica y refuerza su utilización en la asignatura de “Biología y Geología”, así como la transversalidad de algunos de sus conceptos con la asignatura de “Física y Química”.

En dicha ORDEN EDU/362/2015 también se menciona lo siguiente:

En la Educación Secundaria Obligatoria la materia de Biología y Geología debe contribuir a que el alumnado adquiera unos conocimientos y destrezas básicas que le permitan adquirir una alfabetización científica que haga posible su familiarización con la naturaleza y las ideas básicas de la ciencia, y que ayude a la comprensión de los problemas a cuya solución puede contribuir el desarrollo científico y tecnológico. El uso de la metodología científica permite generar modelos que ayudan a comprender mejor los fenómenos naturales, a predecir su comportamiento y a actuar sobre ellos en caso necesario, para mejorar nuestras condiciones de vida. La construcción de estos modelos explicativos y predictivos se lleva a cabo a través de procedimientos de búsqueda, observación directa o experimentación, y de la formulación de hipótesis que después han de ser contrastadas. Por todo ello, tanto la Biología como la Geología contribuyen de forma fundamental a que los alumnos desarrollen las competencias en ciencias y en tecnología (p.51).

A partir de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que se plasman en la anterior normativa (en la que se detalla el currículo de cada asignatura y para cada curso de secundaria), la intervención didáctica podría aplicarse a los cursos de 1º y/o 3º de la ESO y a 1º de Bachillerato.

Con respecto al curso de 1º ESO, este proyecto podría incorporarse dentro del Bloque 2. “La Tierra en el Universo”, y en concreto englobaría los siguientes contenidos:

- La geosfera.
- Estructura y composición de corteza, manto y núcleo.
- Corteza continental y corteza oceánica.
- Los minerales y las rocas: propiedades, características y utilidades.
- Rocas magmáticas, sedimentarias y metamórficas.
- Problemas de la extracción y el uso de las rocas y los minerales.

Referente al curso de 3º ESO, el proyecto podría encuadrarse dentro del Bloque 2. “El relieve terrestre y su evolución”, tratando los siguientes contenidos:

- Factores que condicionan el relieve terrestre: Influencia del clima, la estructura o disposición de los materiales y el tipo de roca.
- El modelado del relieve. Los agentes geológicos externos y los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación.
- Las aguas superficiales y el modelado del relieve. Formas características.
- Las aguas subterráneas, su circulación y explotación.
- Manifestaciones de la energía interna de la Tierra. El calor interno de la Tierra: origen y relación con la dinámica de la corteza.
- Origen y tipos de magmas. Tectónica de placas. Tipos de contacto entre placas.
- Formaciones geológicas asociadas a los límites entre placas. Actividad sísmica y volcánica. Tipos de manifestaciones volcánicas.
- Distribución de volcanes y terremotos.
- Los riesgos sísmico y volcánico.

Y, por último, en el curso de 1º Bachillerato, el proyecto se puede desarrollar con relación a los contenidos del Bloque 7. “Estructura y composición de la Tierra”, y Bloque 8. “Los procesos geológicos y petrogenéticos”. En particular, los contenidos relacionados son:

- Aportaciones de las nuevas tecnologías en la investigación de nuestro planeta.
- Minerales y rocas. Conceptos. Clasificación genética de las rocas.
- Magmatismo: Clasificación de las rocas magmáticas. Rocas magmáticas de interés.
- Procesos sedimentarios. Las facies sedimentarias: identificación e interpretación. Clasificación y génesis de las principales rocas sedimentarias.

Respecto a la asignatura “Física y Química”, los conocimientos mínimos de química necesarios para comprender los contenidos de esta unidad se estudian en 3º ESO, contenidos pertenecientes al Bloque 2. “Los Cambios”. Estos contenidos son:

- La reacción química.
- Representación esquemática.
- Interpretación.
- Cálculos estequiométricos sencillos.
- Ley de conservación de la masa.
- Cálculos de masa en reacciones químicas sencillas.

Estos contenidos se refuerzan en 4º ESO, con los contenidos del Bloque 4. “La Materia”:

- Formulación y nomenclatura de compuestos inorgánicos según las normas IUPAC.

Esto lleva a descartar la aplicación de este proyecto en el curso 1º ESO.

Adicionalmente, debe considerarse que, debido a las metodologías de aprendizaje a emplear en la unidad didáctica propuesta, Flipped Classroom y Aprendizaje Basado en Retos (ABR), es recomendable que los alumnos dispongan de un buen desarrollo del pensamiento abstracto y de cierta madurez intelectual.

Quicios (2018) afirma que:



Según Piaget, el pensamiento abstracto se adquiere en la etapa de las operaciones formales, es decir, en la etapa en la que pueden pensar y organizar ideas en su mente sin depender de la manipulación de un objeto. La entrada del niño en esta etapa suele ser alrededor de los 11 años. El pensamiento abstracto se irá desarrollando progresivamente hasta alcanzar su consolidación alrededor de los 15 años (p.1).

El pensamiento abstracto es una capacidad que permite ver las cosas con perspectiva, no siendo necesario partir de los hechos para razonar. Esto aporta múltiples beneficios al niño. Así:

- Favorece la independencia personal. Este tipo de pensamiento hace al niño más libre, independiente y autónomo. Utilizar el pensamiento abstracto implica la búsqueda dentro de sí mismo de respuestas aplicables a la realidad.
- Permite analizar probabilidades y alternativas. El pensamiento abstracto les ayuda a “viajar” a otros escenarios y situaciones para extraer conclusiones que les ayuden a dar con la mejor respuesta.
- Favorece la creatividad. La búsqueda de ideas en lo abstracto potencia la capacidad creativa, muchas veces limitada por los recursos materiales que se tienen a mano.

Piaget fue el encargado de desarrollar y explicar las distintas etapas del desarrollo cognitivo, de esta manera “la meta principal de la educación es crear hombres que sean capaces de hacer cosas nuevas, no simplemente de repetir lo que otras generaciones han hecho; hombres que sean creativos, inventores y descubridores. La segunda meta de la educación es la de formar mentes que sean críticas, que puedan verificar y no aceptar todo lo que se les ofrece” (Piaget, 1981, p.78).

Estas teorías confirman la decisión de encuadrar este trabajo en el curso de 1º Bachillerato, donde la edad de los alumnos está comprendida entre 16 y 17 años, habiendo consolidado el pensamiento abstracto y pudiendo así aprovechar su mayor grado de madurez. Además, en ese curso se podrán aprovechar los conocimientos previos adquiridos por los alumnos en los cursos de 1º y 3º de ESO, que proporcionarán una base de conocimientos adecuada para el desarrollo de la presente propuesta.

Ya que se va a trabajar con apoyo de las TIC, también se deben trabajar los contenidos relativos a la búsqueda de información en la web, donde los alumnos deben diferenciar las fuentes confiables de las falsas. Para esto se les recomendará en el desarrollo de la unidad didáctica:

- Revisar varias fuentes.
- Triangular datos.
- No confiarse totalmente de la información de Blogs.
- Uso de bibliotecas online.
- Utilización de motores de búsqueda específicos, como: Google libros, Google académico, HighBeam, Research, Chemedica, entre otros.

### **3.2 CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE**

A continuación, se muestran los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables pertenecientes a la asignatura de Biología y Geología de 1º de Bachillerato (Tabla 1). Todos han sido obtenidos de la ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

Tabla 1. Contenidos, criterios de evaluación y estándares aprendizaje evaluables de 1º Bachillerato.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>1º BACHILLERATO</b>		
<b>Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra</b>		
<p>Aportaciones de las nuevas tecnologías en la investigación de nuestro planeta.</p> <p>Minerales y rocas. Conceptos. Clasificación genética de las rocas.</p>	<p>1. Aplicar los avances de las nuevas tecnologías en la investigación geológica.</p> <p>2. Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial.</p>	<p>1.1. Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de un fenómeno natural.</p> <p>2.1. Identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados tipos de minerales y rocas.</p>
<b>Bloque 8. Los procesos geológicos y petrogenéticos</b>		
<p>Magmatismo: Clasificación de las rocas magmáticas. Rocas magmáticas de interés.</p> <p>Procesos sedimentarios. Las facies sedimentarias: identificación e interpretación.</p> <p>Clasificación y génesis de las principales rocas sedimentarias.</p>	<p>1. Categorizar los distintos tipos de magmas en base a su composición y distinguir los factores que influyen en el magmatismo.</p> <p>2. Reconocer la utilidad de las rocas magmáticas analizando sus características, tipos y utilidades.</p> <p>3. Establecer las diferencias de actividad volcánica, asociándolas al tipo de magma.</p> <p>4. Relacionar estructuras sedimentarias y ambientes sedimentarios.</p> <p>5. Clasificar las rocas sedimentarias aplicando sus distintos orígenes como criterio.</p>	<p>1.1. Discrimina los factores que determinan los diferentes tipos de magmas, clasificándolos atendiendo a su composición.</p> <p>2.1. Diferencia los distintos tipos de rocas magmáticas, identificando con ayuda de claves las más frecuentes y relacionando su textura con su proceso de formación.</p> <p>3.1. Relaciona los tipos de actividad volcánica, con las características del magma diferenciando los distintos productos emitidos en una erupción volcánica.</p> <p>4.1 Detalla y discrimina las diferentes fases del proceso de formación de una roca sedimentaria.</p> <p>5.1. Ordena y clasifica las rocas sedimentarias más frecuentes de la corteza terrestre según su origen.</p>

### 3.3 COMPETENCIAS BÁSICAS DESARROLLADAS

En el sistema educativo español, las competencias aparecen con la Ley Orgánica de Educación (LOE, 2006): Métodos pedagógicos y Competencias Básicas. Existen varias definiciones de competencia, pero en este caso me voy a quedar con la siguiente:

Pérez Gómez (2007): “Competencia es la habilidad para afrontar demandas externas o desarrollar actividades y proyectos de manera satisfactoria en contextos complejos, implica dimensiones cognitivas y no cognitivas: conocimientos, habilidades cognitivas, habilidades prácticas, actitudes, valores y emociones” (Arróniz, 2015, p.1).

De acuerdo a la normativa actual de Educación, y concretamente en la LOMCE y en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, éstas son las competencias básicas de nuestro Sistema Educativo actual:

- A. Comunicación lingüística.
- B. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
- C. Competencia digital.
- D. Aprender a aprender.
- E. Competencias sociales y cívicas.
- F. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
- G. Conciencia y expresiones culturales.

A continuación, se muestra cómo se desarrollan las diferentes competencias en esta propuesta.

#### **A. 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. Esta competencia se divide en 5 componentes, de los cuales se van a trabajar los siguientes:

- Componente lingüístico, que se desarrollará durante la exposición oral que harán los alumnos mostrando los resultados de su trabajo.
- Componente pragmático-discursivo en su dimensión sociolingüística, vinculada a la producción y recepción de mensajes relacionados con la Geología.
- Componente estratégico, el cual se desarrolla en la búsqueda de la información necesaria para la elaboración de su trabajo, preparación digital de su presentación y exposición de la misma.

#### **B. La competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología**

Esta competencia es muy importante, ya que permite a los alumnos relacionar los conocimientos científicos relativos a la química, geología y matemáticas presentes en la unidad didáctica. En concreto, esta competencia se relaciona con la comprensión de los procesos químicos y geológicos de formación de la cavidad donde se forma la geoda, así como de los procesos de formación de los minerales y de la formulación química de las reacciones de precipitación de las rocas carbonatadas. Esta competencia les

permite a los alumnos desarrollar la investigación científica y la creación de artículos de divulgación científica.

### **C. Competencia digital**

Esta competencia es la que más se desarrolla en esta propuesta didáctica, gracias al empleo de las TIC, las cuales forman parte de las metodologías de aprendizaje empleadas en la unidad didáctica.

### **D. Aprender a aprender**

Esta materia posibilita que el alumnado desarrolle sus capacidades de observación, análisis y razonamiento, favoreciendo así que piense de manera cada vez más autónoma.

Lo que se pretende es que los alumnos se motiven, que lleven a cabo el aprendizaje autónomo mediante el empleo de TIC (Flipped Classroom), que conozcan sus recursos personales (conocimientos previos adquiridos en 1º y 3º ESO relacionados con Las Geodas) y sean "conscientes de sus posibilidades y limitaciones; que estén orientados a metas centradas en la tarea, y que cuenten con estrategias propias". (Salmerón, s.f, p.2)

### **E. Competencias sociales y cívicas**

Esta competencia es imprescindible para el desarrollo educativo y personal del alumno, ya que deben convivir en sociedad. Por ello, deben aprender a comunicarse y respetar al resto de la sociedad.

Esto se debe reflejar en un comportamiento solidario y de respeto tanto con el profesor como con los compañeros en clase, demostrándose con el trabajo en grupo, compañerismo y apoyo, respeto del turno de palabra durante las presentaciones y respeto de las ideas del resto de compañeros.

Adicionalmente, la Geoda Gigante de Pulpí, sobre la que se basa la propuesta de esta unidad didáctica, permite visitas al interior de la misma, haciéndose necesario un comportamiento cívico y de respeto con el entorno y con los demás visitantes.

### **F. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor**

Está muy relacionada con la creatividad, la innovación y la asunción de riesgos. Con ella se desarrolla la habilidad para planificar y gestionar proyectos con el fin de conseguir objetivos.

Esta competencia la desarrollarán al aplicar tanto las metodologías de enseñanza propuestas en el desarrollo de la unidad didáctica, como con las actividades propuestas. Éstas requieren del alumno iniciativa en el momento de elegir por dónde deben comenzar a estudiar la unidad didáctica a través del material entregado por el profesor. Haciéndolo, los alumnos obtendrán un buen resultado fruto de su trabajo.

## G. Conciencia y expresiones culturales

Gracias a esta competencia, los alumnos valorarán el entorno cultural en el que se encuentran, contribuirán a la conservación del patrimonio cultural y artístico, cultivarán su propia capacidad creadora y pondrán en funcionamiento la iniciativa, la imaginación y la creatividad.

El hecho de emplear como recurso didáctico La Geoda Gigante de Pulpí, permite fomentar la conciencia de la conservación de su entorno cercano, así como ponerlo en valor.

## 4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

### 4.1 CONTENIDOS TEÓRICOS

#### 4.1.1 DESARROLLO DE CONTENIDOS GEOLÓGICOS

La geoda de Pulpí se localiza en la explotación minera de la Mina Rica, en la ladera oriental de la Sierra del Aguilón en Pilar de Jaravía, término municipal de Pulpí, en Almería (Figura 1). Se trata de una geoda gigante recubierta por enormes cristales de selenita (sulfato de calcio hidratado), una variedad translúcida de yeso.

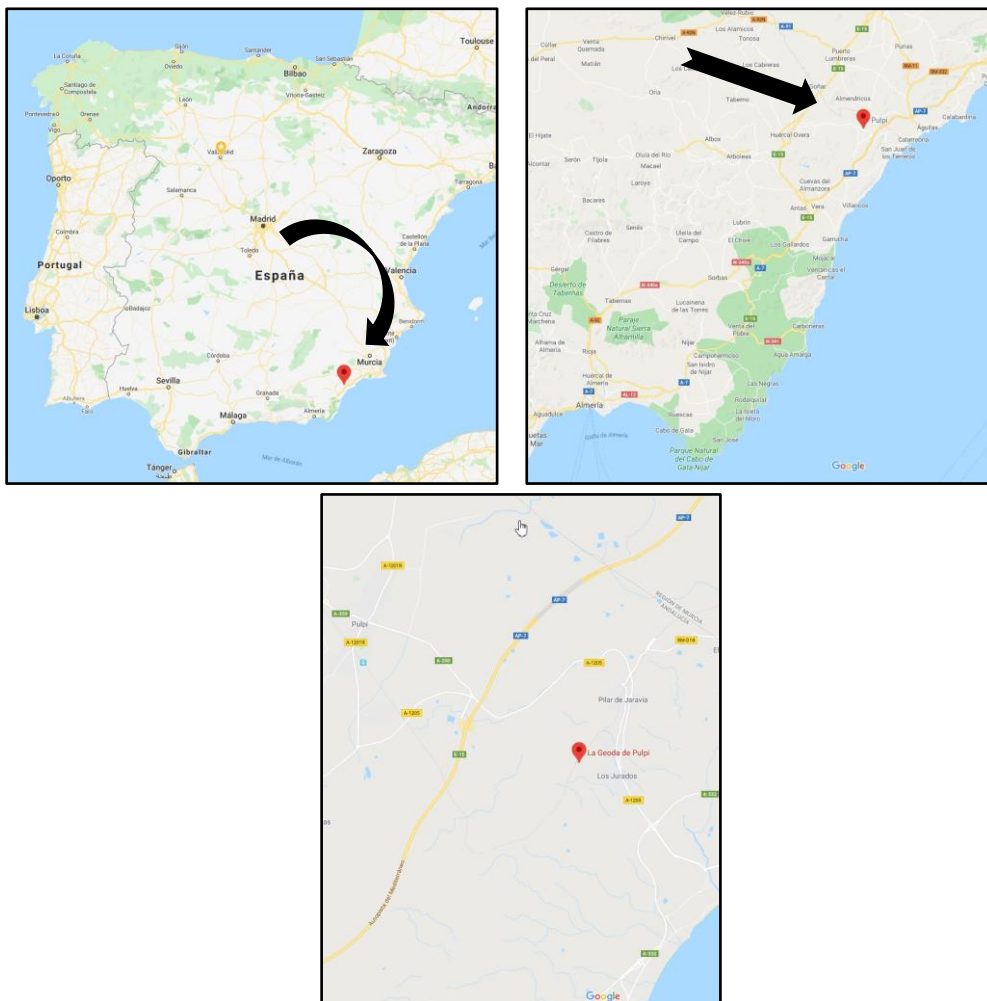


Figura 1. Localización de la Geoda de Pulpí.

En diciembre de 1999 miembros del Grupo Mineralogista de Madrid descubren, en la Mina Rica, la geoda de Pulpí, se trata de una geoda de unos 8 metros de longitud por 2 metros de altura recubierta de enormes cristales de yeso. La geoda de Pulpí está tapizada por cristales de yeso, alguno de los cuales llega a medir casi dos metros (Figura 2). Su transparencia y estado de conservación la convierten en una joya de la naturaleza. Constituye un fenómeno único a nivel mundial dadas sus dimensiones y la perfección, tamaño y transparencia de los cristales (Calaforra y García-Guinea, 2000).



*Figura 2. Prismas de Selenita en interior de Geoda de Pulpí, Almería.” Reproducida de Jesús Medina”.*

El origen de la geoda se puede explicar en dos fases. La primera relacionada con la formación de la cavidad, que se formó por karstificación de las dolomías (carbonato cálcico y magnésico) que forman la Sierra del Aguilón, acompañada de inyecciones hidrotermales. La segunda fase relacionada con el depósito mineral en el interior de la cavidad, el cual podría explicarse mediante un modelo mixto kárstico-hidrotermal. En esta segunda fase se produjo la formación de los cristales de yeso gracias a la inyección de aguas hidrotermales procedentes del vulcanismo residual de Cabo de Gata, que llevaban en disolución los elementos necesarios para el crecimiento de los cristales. Ocupa un volumen hueco de 10,7 m<sup>3</sup> (8 m de largo, por 1,8 m de ancho, por 1,7 m de alto) y está situada a 60 m de profundidad en la Mina Rica.

Para conocer la edad de los cristales de yeso de la geoda, los investigadores utilizaron el método de datación radiométrica. Es una técnica empleada en la estimación de la edad absoluta (numérica) de materiales geológicos tales como rocas, minerales o materia orgánica, que se logra a partir de isótopos radiactivos; los cuales se fundamentan en las series de desintegración de isótopos con tasas constantes de decaimiento radioactivo (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Estos estudios indican que la geoda se formó en un período de 2 millones de años, inferior al promedio de 4,5 millones de años para este tipo de formaciones. Aunque resaltan que la edad los cristales es de al menos 60.000 años, siendo esta la edad menor registrada, que corresponde a una costra de carbonato en uno de los cristales más grandes.

Por su parte, la composición de otros minerales en la mina sugiere que el sulfato de calcio no llegó al interior de las rocas sino hasta después la llamada “crisis de la salinidad de Messinian”. Este

evento implicó que se vaciara casi la totalidad del mar Mediterráneo, lo cual data de hace unos 5,5 millones de años (Palero, Canals, Van Driessche y García-Ruiz, 2015).

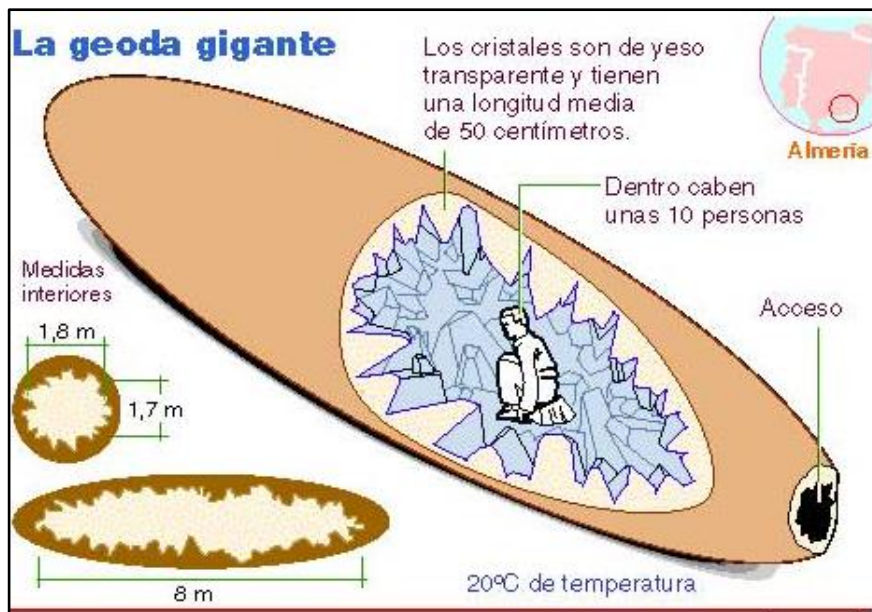


Figura 3. Esquema morfología Geoda de Pulpi. “Reproducida de Nacho Catalán / El País”.

Según Mila Carretero, la geóloga que coordina las visitas durante un recorrido por la Mina Rica: “Una geoda es una cavidad que se encuentra en el interior de una roca, tapizada por cristales, en este caso de yeso. Podríamos leer un libro a través de esos cristales”. Carretero señala que en esta mina la roca es una dolomía que tiene una fractura que se fue rellenando con un fluido “caliente rico en minerales”. Con el paso del tiempo, la dolomía (roca semejante a la caliza) se disolvió, y dicho fluido creó una cavidad “en forma de huevo”. El enfriamiento de dicho líquido y la calma tectónica hizo que se formaran dichos cristales de yeso (Figura 3) (Agencia EFE, 2019).

#### 4.1.2 QUE ES UNA GEODA

Una geoda es una estructura esférica con una cavidad interna revestida de minerales. Presentan una pared externa más resistente que la roca madre circundante, lo que permite que la geoda permanezca intacta cuando desaparece la roca circundante (Figura 4).



Figura 4. Geoda de Cuarzo amatista. “Reproducida de Wikimedia commons”.

Las geodas pueden formarse en cualquier cavidad, pero el término generalmente se reserva para formaciones más o menos redondeadas en rocas ígneas y sedimentarias.



*Figura 5. Apariencia exterior de geodas de tamaño pequeño. “Reproducida de Foro de minerales”.*

La mayoría de las geodas se localizan en depósitos volcánicos estratificados como basaltos y tobas; o en depósitos sedimentarios como calizas y dolomías.

Dicho lo anterior, podemos deducir que las geodas se forman principalmente en dos tipos de rocas, en rocas volcánicas y en rocas sedimentarias.

En rocas volcánicas, las cavidades se forman principalmente por la acumulación de gases en el magma, el cual queda atrapado al enfriarse. El agua subterránea cargada de sílice y otros minerales se filtra en las cavidades. Durante miles de años, los minerales provenientes del exterior precipitan, dejando una especie de gel de sílice en el interior de la cavidad, el cual se va endureciendo conforme se va enfriando y secando la roca. Estas geodas se forman principalmente en lavas basálticas (Figura 6).



*Figura 6. Geodas en lavas basálticas. “Reproducida de iStockphoto”.*



En rocas sedimentarias las cavidades se forman generalmente por disolución de la roca, como ocurre en las áreas kársticas, o como consecuencia de la apertura de un espacio por raíces o animales en el subsuelo (Figura 7). Los minerales que precipitan para formar la geoda llegan hasta las cavidades disueltos en el agua subterránea, o en fluidos hidrotermales, y una vez allí se comienzan a formar los cristales en su interior.



Figura 7. Afloramiento de geodas sedimentarias. “Reproducida de Wikimedia commons”.

Las variedades más comunes de geodas que se pueden encontrar son, por un lado, en las que los cristales pertenecen al grupo del cuarzo, de las variedades amatista, citrino o hialino (Figura 8); y por otro lado en la que los cristales están formados por minerales del grupo de los carbonatos, donde aparecen los cristales de calcita y yeso (Figura 9).



Figura 8. Geodas grupo del cuarzo: Amatista, Citrino e Hialino. “Reproducidas de Wikimedia commons, creative commons y catawiki”.



Figura 9. Geoda de Calcita y de Yeso (Geoda de Pulpí). “Reproducidas de catawiki y Jesús Medina”.

#### **4.1.3 CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA FORMACIÓN DE LA GEODA GIGANTE DE PULPÍ**

Como ya se dijo anteriormente, la geoda de Pulpí se localiza en la explotación minera de la Mina Rica, ubicada en Pilar de Jaravía, término municipal de Pulpí en la provincia de Almería.

La Mina Rica se encuentra situada en el sector suroccidental de la Zona Bética, dentro del ámbito de la Cordillera Bética, a los pies de la Sierra de Aguilón. Geológicamente pertenece al Complejo Alpujárride, formado por un basamento Paleozoico y la cobertera Mesozoica. Este Complejo forma en la zona donde se ubica la geoda un horst tectónico (bloques levantados tectónicamente) delimitado por dos grandes fracturas. La geoda se ubica en materiales carbonatados, concretamente en dolomías, pertenecientes a este Complejo (Calaforra, Moreno García-Guinea, Guerrero y Romero, 2001).

El yacimiento se localiza en una banda de cizalla NE-SW dextral, afectada por un sistema de fallas NNE-SSW pertenecientes al sistema de Cocón-Terreros, de componente sinistral. Silva, Goy, Somoza, Zazo y Bardají (1993), sitúan la falla de Cocón-Terreros como el límite oriental de la Banda de Cizalla de las Béticas Orientales, estructura fuente de gran parte de la sismicidad de la Península Ibérica (Palero et al., 2015).

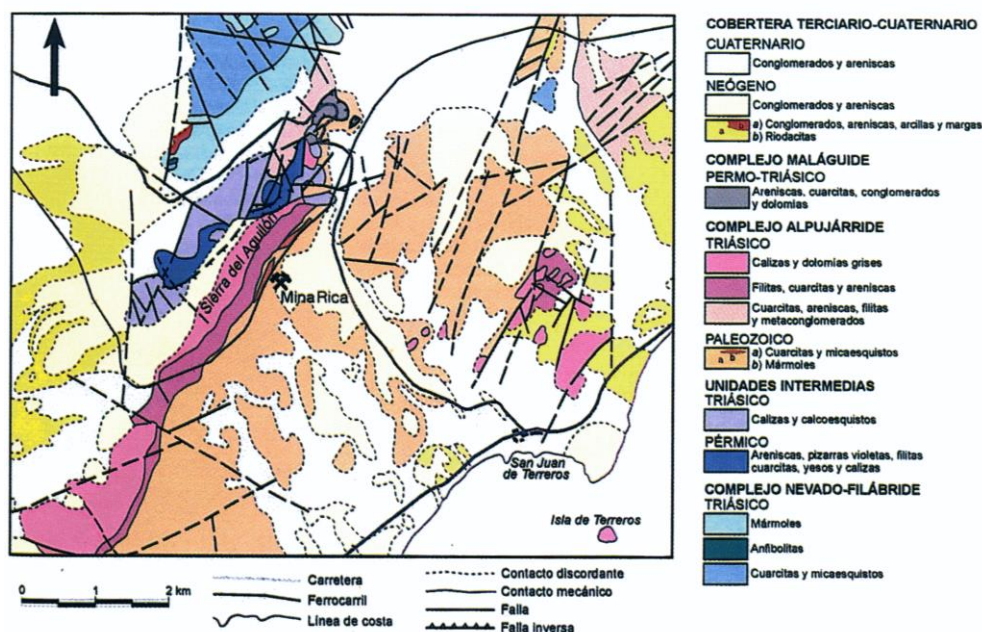


Figura 10. Esquema geológico de la zona minera de Jaravía. Cartografía basada en Espinosa Godoy et al. (1974).  
 “Reproducido de Revista Bocamina N°6 (2000)”.

Las explotaciones mineras de Pilar de Jaravía donde se ubica la geoda, están constituidas por unos niveles de mármoles y esquistos con abundancia de minerales explotables, como siderita, galena argentífera, celestina y yeso. La mineralización se formó al producirse inyecciones hidrotermales a través de un sistema de fallas asociadas al propio contacto filita-dolomía (Calaforra, Fernández, García-Guinea, Guerrero y Grima, 2005).

El entorno geológico donde se ubica la geoda se caracteriza por ser un contacto litológico entre filitas paleozoicas y dolomías mesozoicas en una zona muy fallada (Figura 10), tanto a escala local como regional; se trata de las grandes fallas Alí Fraga y de Sierra Almagrera (Calaforra et al., 2005).

Los impulsos hidrotermales anteriormente mencionados, dieron lugar a la formación de la geoda gigante. A este respecto, se pueden diferenciar dos etapas:

- Una primera fase de karstificación hidrotermal de las dolomías. A favor de las grandes estructuras tectónicas mencionadas (fallas) los fluidos hidrotermales calientes penetran en la roca carbonatada disolviéndola y creando grandes huecos (karst) a modo de cavidades.
- Una segunda fase donde, la temperatura de los fluidos que ascienden por las fracturas desciende. Esto, sumado a que la Sierra del Aguilón se vio inundada por el mar Mediterráneo en un periodo de su historia geológica reciente y mediante la acción salina del agua (con importante presencia de sulfatos junto con los fluidos hidrotermales), provocaron la precipitación de grandes cristales de yeso en el interior de las cavidades que quedaban por rellenar en las rocas carbonatadas.

Como se ha mencionado antes, un elemento importante para la formación de la geoda fue la crisis salina que se produjo en el Mar Mediterráneo.

La denominada Crisis Salina del Messiniense se produjo hace 5-6 millones de años, durante la cual el Mediterráneo quedó aislado del Atlántico debido al levantamiento tectónico de las cordilleras Bética (Sur de la Península Ibérica) y Rifeña (Norte de Marruecos). Como consecuencia se produjo la desecación y transformación de este mar en una gran salina (Figura 11) (Sternai, Caricchi, García-Castellanos, Jolivet, E. Sheldrake y Castelltort. 2017).

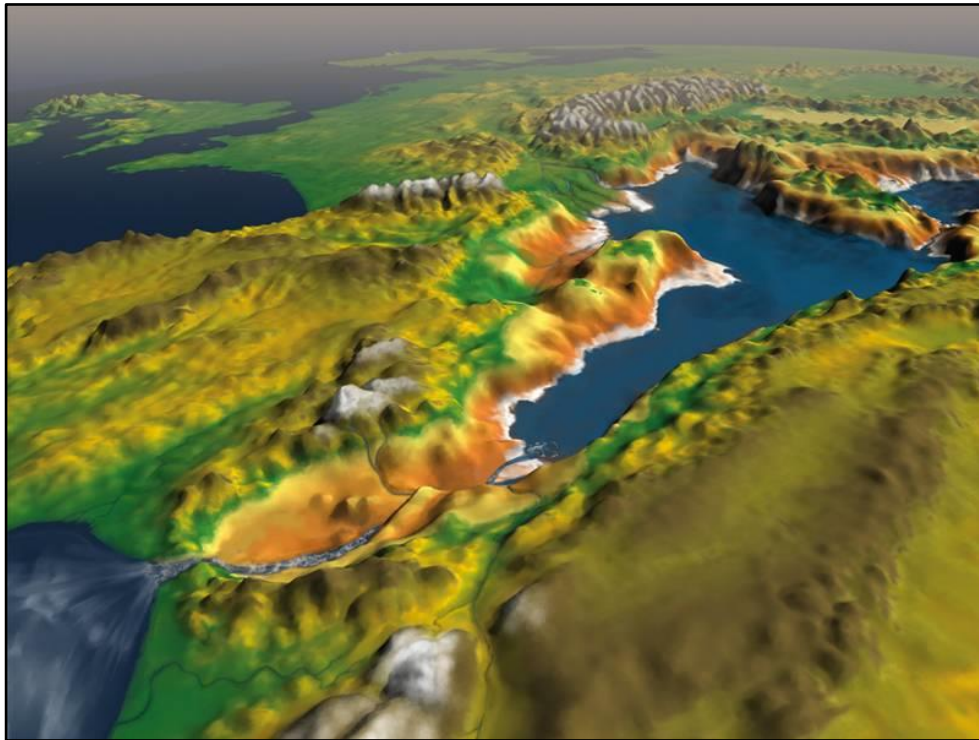


Figura 11. Recreación del descenso del nivel del mar Mediterráneo durante la Crisis Salina del Messiniense, hace entre 5 y 6 millones de años. Roger Pibernat, Daniel García-Castellanos. “Reproducida de Creative Commons”.

Durante el Mioceno superior el Mediterráneo mantuvo una comunicación con el Atlántico a través de dos vías marinas (pasillos Bético y Rifeño) localizadas en el interior de las cordilleras Bética y Rifeña (Jolivet, Augier, Robin, Suc y Rouchy, 2006). Como consecuencia del levantamiento post-orogénico de ambas cordilleras tales pasillos se fueron cerrando progresivamente, hasta el punto de que el Mediterráneo quedó completamente aislado del Atlántico. Fue este el momento en el que el Mediterráneo quedó en déficit hidrológico; la evaporación no fue compensada con entrada de agua atlántica y descendió el nivel del mar, iniciándose la crisis de salinidad. El cierre de ambas vías marinas, como causa de la crisis, no fue simultáneo; primero ocurrió en el pasillo Bético a finales del Tortoniense, o posiblemente a inicios del Messiniense, y después en el pasillo Rifeño a mediados del Messiniense. Durante este lapso de tiempo debió existir una entrada intermitente de agua atlántica hacia el Mediterráneo, seguida de episodios de desecación, necesaria para precipitar el gran volumen de evaporitas (más de 1 millón de  $\text{km}^3$ ) registradas en el centro del Mediterráneo. Según estiman Rouchy y Saint Martin (1992), una sola desecación generaría una secuencia evaporítica de no más de 30 metros de espesor.

La crisis de salinidad termina con la reinundación del Mediterráneo como consecuencia de la apertura de una nueva vía marina (el Estrecho de Gibraltar) en el arco Bético-Rifeño. Según Campillo, Maldonado y Mauffret (1992), estudios recientes sobre la evolución del Mar de Alborán sostienen que dicho estrecho se abrió por causas tectónicas locales, en concreto por la actuación de fallas de salto en dirección de orientación E-O en la parte occidental de Alborán (Citado en Soria, 2007).

Para entender mejor los procesos que formaron la Geoda Gigante de Pulpí, se van a explicar los procesos kársticos e hidrotermal por separado.

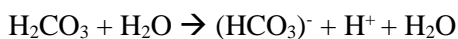
#### 4.1.4 PROCESO KÁRSTICO

Con el nombre de karst (procedente de Karst, nombre alemán de la región eslovena de Carso), relieve kárstico, carst, carsto o carso se conoce a una forma de relieve originada por meteorización química de determinadas rocas, como la caliza, dolomía, yeso, etc., compuestas por minerales solubles en agua.

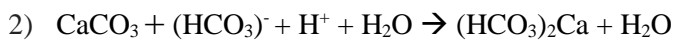
El relieve de estas zonas está condicionado principalmente por la disolución de las rocas; es lo que se llama “karstificación”. Las reacciones químicas responsables de la disolución de los carbonatos se pueden dividir en 3 etapas:



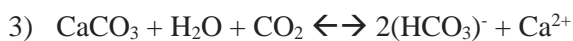
El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se mezcla con el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y forman ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que, al disolverse con el agua, es arrastrado a través de las grietas y poros de la roca dando lugar a las cuevas o cavidades.



El ácido carbónico se disocia parcialmente formando iones bicarbonato e hidrógeno, siendo los iones  $\text{H}^+$  los que acidifican el agua.



El agua acidificada es capaz de disolver los minerales solubles (calcita, dolomita) agrandando los poros y las fracturas dando lugar a las cuevas o cavidades. En primer lugar, el carbonato de calcio, insoluble en agua, reacciona con el ion bicarbonato disuelto en el agua de lluvia. De esta forma el carbonato de calcio se transforma en bicarbonato de calcio, que sí es soluble en agua. En consecuencia, el bicarbonato de calcio formado puede disolverse en agua y puede ser transportado por ésta.



Equilibrio de la reacción química. Cuando el equilibrio se desplaza a la derecha, el agua disuelve la caliza formando o agrandando grietas y fisuras. Cuando el equilibrio se desplaza a la izquierda, se vuelve a producir carbonato de calcio, formando estalactitas y estalagmitas. Esto se explica gracias a la solubilidad del  $\text{CO}_2$  en el agua, que, al llegar a una cavidad, si el ambiente no está sobresaturado de  $\text{CO}_2$ , este tenderá a no estar disuelto en el agua, dejando de estar acidificada y formándose el carbonato cálcico. Para que el proceso de disolución avance, son necesarias aguas en circulación ya que en aguas estancadas se llega a la sobresaturación de bicarbonato cálcico y se para la disolución de la caliza (Rojo, 2015).

El proceso de formación del modelado o relieve kárstico es realmente lento (desde cientos de miles a millones de años), y se produce en zonas calcáreas, donde las rocas calizas experimentan una

variación en su composición química con la acción del agua. La disolución kárstica se debe un proceso químico por el cual el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de ciertas aguas ( $\text{H}_2\text{O}$ ) más ácidos (como la que proviene del deshielo) interactúa con la roca caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) creando bicarbonato cálcico ( $\text{HCO}_3$ )<sub>2</sub> Ca, que es altamente soluble. Por tanto, cuando las aguas, tanto superficiales como las subterráneas acidificadas con el  $\text{CO}_2$  penetran en las fisuras de estas mismas rocas, van disolviéndose hasta crear las formas que tanto caracterizan a este tipo de paisajes.

El relieve kárstico puede darse en el exterior o de forma subterránea, ambas debido a la erosión de las rocas. Esto puede generar multitud de formas y de modelados.

#### 4.1.4.1 FORMAS EXOKÁRSTICAS

Este tipo de formaciones son las que se encuentran en la superficie, y se caracterizan por terrenos y formas irregulares. Estas formas aparecen por el proceso de disolución de las rocas o bien por el derrumbe de otras estructuras endokársticas, como cuevas (Ingeoexpert, 2019).



Figura 12. Relieve Exokárstico. Torcal de Antequera, Málaga. “Reproducida de Commons Wikimedia”.

Las formas exokársticas que se van a desarrollar son:

- Lapiaz o lapiaces
- Dolinas o torcas
- Uvala
- Poljés
- Sima
- Surgencia

La forma más típica del relieve kárstico es el **lapiaz** o **los lapiaces**. Se trata de grietas superficiales que pueden llegar a medir algunos metros, caracterizadas por estar separadas por paredes o tabiques de roca. Por lo general se suele encontrar en zonas llanas con grietas o fisuras por las que discurre el agua, y con el paso del tiempo algunos lapiaces terminan convirtiéndose en cañones y otros tipos de relieve kárstico.



Figura 13. Acanaladuras en un lapiaz. “Reproducida de Wikipedia”.

Por su parte, las **dolinas** o torcas son depresiones circulares y cerradas que llegan a alcanzar grandes dimensiones. Se trata por tanto de una especie de valle redondeado con paredes inclinadas, que puede generar cuevas o terminar inundado en zonas de costa. Esta formación también es conocida bajo el nombre de torca. Si muchas dolinas terminan juntándose creando una sola forma kárstica, se denomina **uvala**, y deja de ser circular para tener una forma alveolar.

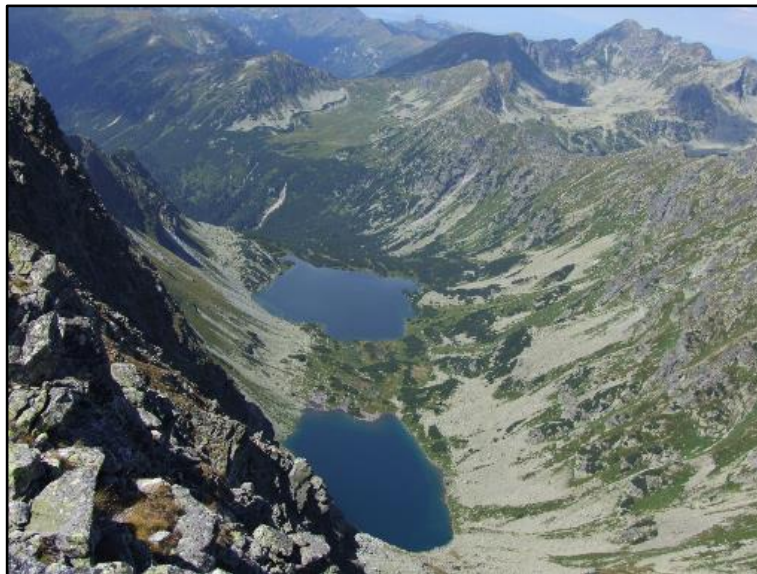


Figura 14. Dolina. “Reproducida de Flickr”.

Por otro lado, los **poljés** son las formas kársticas más grandes que podemos encontrar, llegando a medir hasta kilómetros. Se trata por tanto de depresiones muy extensas caracterizadas por tener un fondo plano y que por tanto se encuentra cerrada por laderas muy escarpadas. En teoría se trata de una uvala (es decir, muchas dolinas juntas) muy extensa. Aun así, en el interior de un poljé podemos encontrar las formas kársticas anteriores. Es frecuente encontrar en los poljes algún relieve aislado, resto de la roca que no ha sufrido los efectos de la disolución, denominado hum.



Figura 15. Polje en los Lagos de Covadonga, Asturias. "Reproducida de Wikipedia".

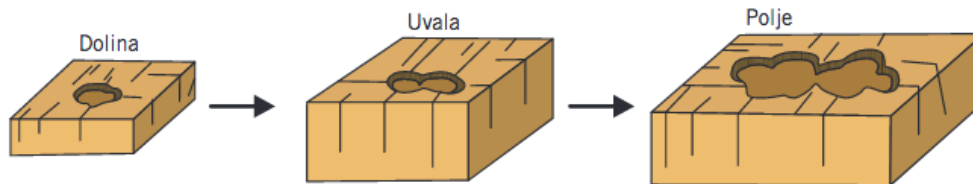


Figura 16. Evolución de Dolina a Polje (modificada de Llopis, 1970)

Las simas son las formas de conducción con desarrollo vertical, cuya función es la de favorecer la incorporación del agua de lluvia o superficial al medio subterráneo. Generalmente, su origen está relacionado con el hundimiento o el progreso de una dolina en profundidad.



Figura 17. Sima de Frías, Teruel. "Reproducida de Flickr".

Según los autores, las simas pueden ser formas exokársticas o endokársticas, pero debido a su origen de formación se incluyen aquí en formas exokársticas.



Por último, encontramos las surgencias, que son puntos por donde sale el agua subterránea a través de las galerías subterráneas.



Figura 18. Surgencia en Alicún de las Torres, Granada. "Reproducida de Flickr".

#### 4.1.4.2 FORMAS ENDOKÁRSTICAS

El relieve kárstico también se encuentra en zonas subterráneas, dando lugar a cuevas, galerías y otro tipo de paisajes kársticos. Estas son las formas que se vamos a ver en este apartado:

- Cuevas, donde aparecen las estalactitas y las estalagmitas.
- Ponor o sumidero
- Galerías

Las cuevas son las formas endokársticas más comunes, y se forman gracias a la filtración del agua por las fisuras de las rocas.

Respecto a la formación de las cuevas, estas lo hacen a través de procesos de espeleogénesis que involucran actividad química, geológica, fuerzas tectónicas e influencias atmosféricas. Se pueden dividir en:

- **Cuevas primarias o volcánicas.** Se forman al mismo tiempo que la roca circundante. El ejemplo más claro es el de un tubo volcánico.
- **Cuevas secundarias o epigenéticas.** Se originan dentro de las rocas después de que ellas mismas se han formado, por procesos en los cuales la roca encajante se meteoriza y se pierde material por medio de la erosión. Las cuevas de formación endokárstica forman parte de este tipo de cuevas secundarias.

La forma kárstica más típica dentro de las cuevas son las estalactitas, formadas a partir de gotas de agua con bicarbonato cálcico disuelto que se filtra a través del techo y que al llegar a la cavidad se desacidifican dando lugar a la precipitación del carbonato cálcico; y estalagmitas que se forman igual que las estalactitas, pero con la diferencia que esa gota cae el suelo antes de precipitarse el carbonato cálcico.



*Figura 19. Relieve Endokárstico. Estalagmitas. "Reproducida de Pxfuel".*



*Figura 20. Relieve Endokárstico. Estalactitas. "Reproducida de Pixabay".*

Otra forma de relieve endokárstico son los ponor o sumideros, que son aperturas por donde fluye una corriente de agua superficial hacia un sistema de agua subterránea.



*Figura 21. Ponor "Đula's Ponor" en Ogulin, Croacia. "Reproducida de Wikimedia Commons".*

Las galerías son conductos subterráneos horizontales formados por el ensanchamiento de grietas, diaclasas, etc, originados por la disolución de la roca.



*Figura 22. Galería. "Reproducida de Pxfuel".*

Todos estos elementos forman parte de lo que se denomina relieve kárstico, y dependiendo de la zona y las condiciones de la misma, las formas kársticas pueden variar considerablemente entre distintos sitios. Como ya se ha visto, el proceso kárstico formó la cavidad en la cual se produjo el crecimiento de los cristales de yeso de la geoda de Pulpí. A continuación, se muestra en esquema donde se puede observar gráficamente las distintas etapas en el proceso de formación de un relieve kárstico.

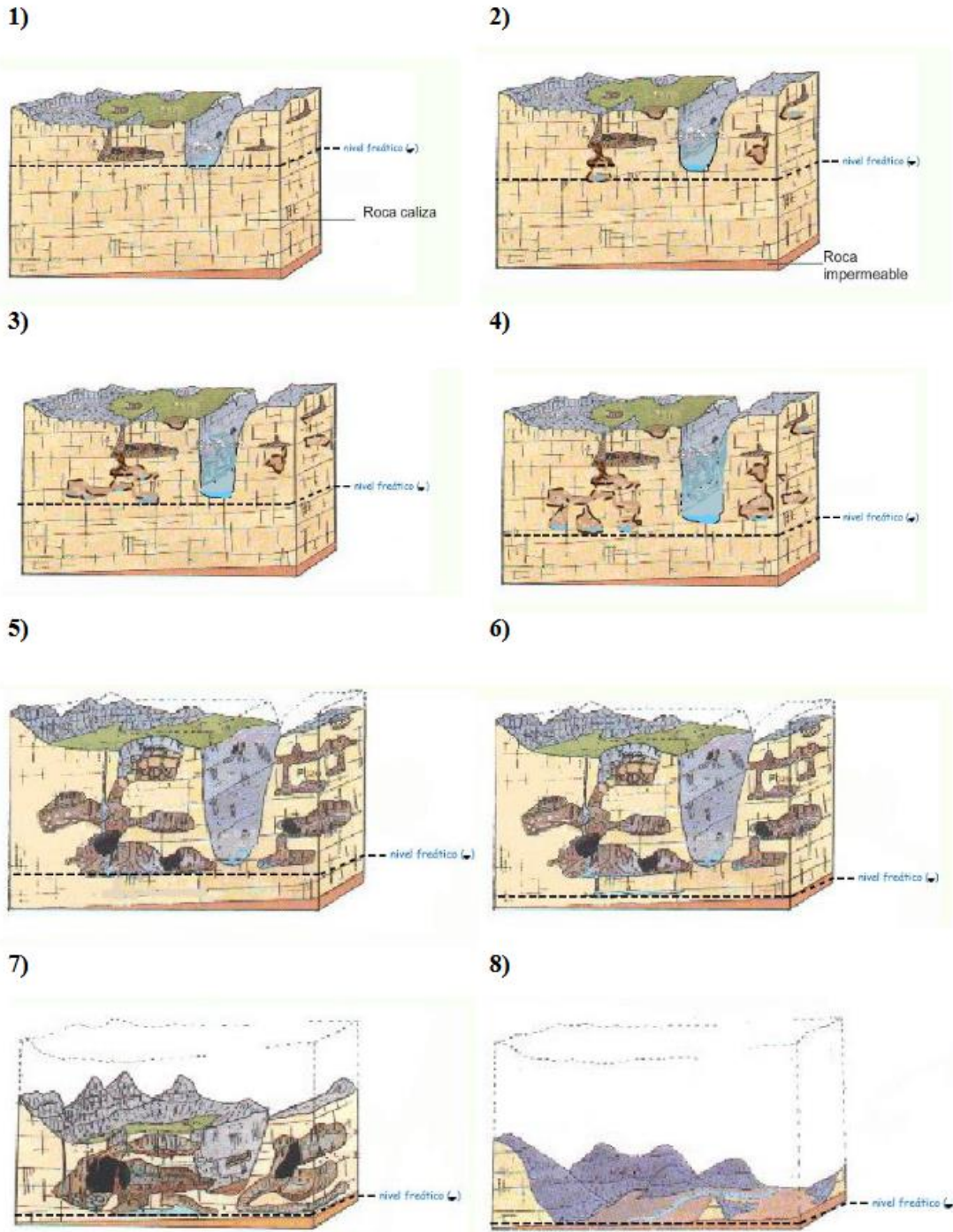


Figura 23. Esquema formación de Karst en rocas carbonatadas. “Reproducida de Rojo, 2015”.

Como se puede observar en la figura 23, el nivel freático del macizo karstificado desciende hasta alcanzar el nivel de base definido por las rocas impermeables situadas bajo el macizo calizo. En las ilustraciones 1-4 este proceso genera nuevas galerías, cuevas y simas creando una red subterránea por donde circula el agua. En las ilustraciones 5-7 se aprecia como en la red de galerías subterráneas se inicia el hundimiento de techos de cuevas y galerías. Finalmente, en la ilustración 8 se aprecia como la erosión ha rebajado el nivel de todo el macizo calizo, pudiendo quedar al descubierto las formaciones kársticas internas (Rojo, 2015). Respecto a la geoda de Pulpí, se puede estimar que durante su proceso de formación se encontraría entre las ilustraciones 2-3, con la salvedad que en nuestro caso la cavidad

estaría inundada por aguas hidrotermales ricas en sulfato de calcio. En la actualidad, teniendo en cuenta que el nivel freático no afecta, nos podríamos situar ente las ilustraciones 5-7.

#### 4.1.5 PROCESO HIDROTHERMAL

El otro proceso que permitió la formación de la geoda corresponde a una inyección hidrotermal procedente del vulcanismo secundario de Cabo de Gata.

El nombre de proceso hidrotermal hace referencia al movimiento subterráneo de agua caliente. Generalmente, el calor es producido por las corrientes de magma del manto de la Tierra, y el agua proviene de la infiltración desde la superficie. Los lugares por donde aflora esta agua se les conocen como manantiales termales.



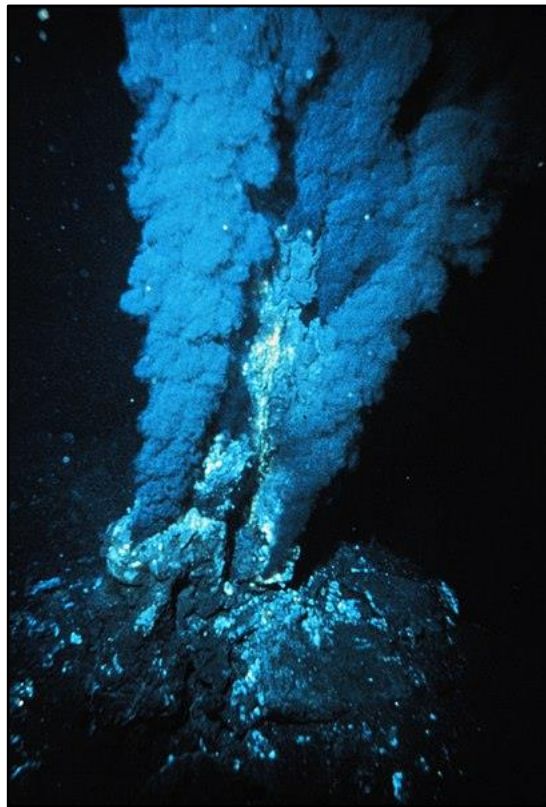
*Figura 24. Fuente de aguas termales, Islandia. El color se debe a la presencia de bacterias pigmentadas. "Reproducida de Pxfuel".*

Entre los fenómenos naturales más espectaculares están los manantiales calientes con temperaturas muy cercanas a la del punto de ebullición del agua. Sin embargo, un géiser es todavía más espectacular. Consiste en una fuente emergente dotada de un sistema especial de calentamiento y desfogue, que da lugar a una columna de agua y vapor que es expulsada con gran fuerza, la cual frecuentemente alcanza entre 30 y 60 metros de altura. Antes y después de que el chorro cese, sobreviene un estruendoso ruido provocado por la expulsión rápida y violenta de una columna de vapor, seguida por un periodo de calma al terminar la erupción. Este comportamiento confiere a la actividad del géiser un carácter intermitente y sincrónico (Pantoja y Gómez, 2004).



*Figura 25. Geiser. "Reproducida de Pixabay".*

Cuando un manantial tiene un gasto constante, no intermitente, de una mezcla de agua, vapor y gases, se le da el nombre de fumarola. Cuando esta última precipita una cantidad abundante de azufre en la periferia y tiene un alto contenido de ácido sulfhídrico se le da el nombre de solfatara. Y se llama sofión cuando en la fumarola predomina el vapor (Pantoja y Gómez, 2004).



*Figura 26. Fumarola submarina. "Reproducida de NOAA".*

Dado que estamos viendo los procesos de formación de la geoda, es necesario hablar también del proceso de crecimiento de los cristales: la Cristalogénesis. La cristalización es un conjunto de procesos que conducen a la formación de la materia cristalina, por el cual un material en estado desordenado se convierte en un sistema ordenado mediante la formación de cristales.

La cristalización tiene lugar en dos etapas: la formación del cristal, que recibe el nombre de nucleación, y el crecimiento del cristal (Ingeniería de Procesos Biotecnológicos, 2018).

- **Nucleación:** es la formación de cuerpos sólidos muy pequeños dentro de una fase fluida homogénea sobresaturada.
- **Crecimiento del cristal:** consiste en la incorporación de nuevas moléculas al núcleo ya formado y estable.

Existen varios factores que condicionan la formación de los cristales en la naturaleza, de los cuales los más influyentes son:

- **Enfriamiento:** la velocidad con que se enfría la disolución determina la calidad y ordenamiento de los cristales. Una velocidad lenta de enfriamiento se traduce en cristales grandes y ordenados.
- **Tiempo:** a mayor tiempo disponible de evaporación del agua la velocidad de crecimiento de los cristales será menor, por lo que se obtienen cristales más perfectos y ordenados.
- **Espacio:** cuanta más superficie tenga la disolución para realizar la cristalización mejor serán los cristales. Por un lado, porque va a haber más superficie en contacto con el aire, y por otro lado al tener más espacio los cristales se van a desarrollar mejor, evitando interferirse e incrustarse entre sí.

Como hemos visto, estos factores nos determinan el tamaño, ordenamiento y calidad de los cristales. Si en la naturaleza encontramos pequeños cristales, algunos de los cuales no se pueden ver a simple vista sin ayuda de una lupa, como el caso de los cristales de las rocas volcánicas, esto nos indica que hubo un rápido enfriamiento y una rápida velocidad de crecimiento. Si por el contrario encontramos cristales bien formados, ordenados y con un buen tamaño, indica que la velocidad de enfriamiento fue lenta dando lugar a una lenta velocidad de crecimiento.

Teniendo en cuenta estos factores, podemos concluir que para que se formaran los cristales de yeso de esas dimensiones (hasta 2 m de largos) translúcidos y perfectos de la geoda de Pulpí, la velocidad de enfriamiento tuvo que ser lenta, en una zona con espacio suficiente para el desarrollo de los cristales y con una velocidad lenta de crecimiento.

#### **4.1.6 HISTORIA DE MINA RICA Y DESCUBRIMIENTO DE LA GEODA GIGANTE DE PULPÍ**

Las instalaciones mineras donde se encuentra la geoda fueron bautizadas, durante su periodo de explotación, con el nombre de “Quien tal pensara” o “Mina Rica”. La explotación minera comenzó a mediados del siglo XIX en el año 1866, extrayéndose hierro y plomo fundamentalmente.



Figura 27. Acción de la Sociedad Especial Minera "Quien tal pensara" que explotaba la mina, emitida en Garrucha el 15 de mayo de 1874. "Reproducida de colección Juan Grima".

Pocos años después, en el 1874, se hizo un valioso descubrimiento de galena argentífera, la cual sirvió para poner en explotación otras muchas concesiones mineras en el Pilar de Jaravía de Pulpí (Consolación, Mi Luisito, La Margarita, San José, Luego Veremos, Por si acaso, Observación de Jaravía, etc.).





*Figura 28. Muestra de Galena argentífera. "Reproducida de Commons Wikimedia".*



*Figura 29. Vista general de las instalaciones, hornos de fundición y el castillete de mampostería. "Reproducida de Archivo Histórico Minero. Autor: Gumersindo Fernández García".*

Entre 1890 y 1922 las minas de Pilar de Jaravía funcionaron a pleno rendimiento, pasando a una etapa decadente en periodos posteriores hasta su cierre definitivo en 1970. En la actualidad, la mayoría de las instalaciones exteriores han desaparecido o se han destruido como consecuencia del abandono, paso del tiempo y del expolio (Calaforra et al., 2005).

Como ya se dijo, la geoda de Pulpí se encuentra dentro de este complejo de concesiones mineras del Pilar de Jaravía. El entorno geológico donde se ubica la geoda se caracteriza por ser un contacto litológico entre filitas paleozoicas y dolomías mesozoicas.

La geoda fue descubierta el 5 de diciembre de 1999 por un grupo de personas, entre las que se encontraban Efrén Cuesta (el descubridor), José Manuel Cuesta (padre de Efrén), Adrián Cuesta (hermano de Efrén), Gonzalo García (fundador del Grupo Mineralogista de Madrid), Fernando Palermo (maestro de la geología en España) y Ángel Romero (mineralogista almeriense y concededor de la zona).

Según comenta el propio Efrén, ese día decidió desviar su camino y descendió hacia un pozo. “Había una escalera de madera a la otra parte de la mina. La desplacé, la até con unas correas y bajé. Descubrí una pared blanca, grande, cubierta de cristal de yeso, absolutamente tapada”. El joven comunicó el descubrimiento a su padre. “No sabía lo que se escondía detrás de esa pared, pero sí me acuerdo que le dije que aquello tenía buena pinta. Al día siguiente, 6 de diciembre, mi padre empezó a retirar las placas de yeso cristalino que aparentemente tapaban una geoda que estaba en la pared, y fue cuando se abrió un hueco que dejaba ver la cavidad primera, “¡¡mira lo que hay aquí!!”. Avisó a Fernando Palero primero y a Gonzalo García después. A ellos se sumó también Ángel Romero. Lo mejor aún estaba por llegar. La geoda gigante seguía escondida (Ruiz, 2019).



*Figura 30. Efrén Cuesta, descubridor de la Geoda de Pulpí. “Reproducida de Revista Bocamina N°6 (2000). Foto: J.M. Cuesta”.*

La noticia del hallazgo se extendió rápidamente a través de numerosos medios de comunicación nacionales e internacionales, lo que hizo que se creara una Comisión de Seguimiento encargada de valorar el descubrimiento y de su protección.

Debido al peligro que suponía la visita a la mina abandonada y a la vulnerabilidad intrínseca de los cristales de yeso, el Ayuntamiento de Pulpí, de acuerdo con la Comisión de Seguimiento, procedió al cierre de la mina en la que se ubica la geoda. De este modo, se pretendía conservar la integridad de la misma y al mismo tiempo evitar que alguno de los numerosos visitantes y curiosos que acudían incesantemente al lugar tras hacerse público el descubrimiento, pudiera sufrir algún tipo de accidente. Simultáneamente, la Consejería de Medio Ambiente proponía la declaración de Monumento Natural, por trámite de urgencia, para la geoda de Pulpí (Calaforra et al., 2001).

La protección de la geoda es un hecho imprescindible para su conservación. Además del carácter frágil de los cristales de yeso existe otro peligro mucho más tangible, la recolección indiscriminada de

minerales por personas que no pueden considerarse verdaderos mineralogistas. El mineralogista antepone siempre el conocimiento al comercio y gracias a ellos se conocen mucho mejor multitud de yacimientos en España. Sin embargo, es sabido que la geoda constituye un preciado bien para muchos coleccionistas, contemplativo o económico. Algunos círculos mineralogistas mantienen como propuesta, legítima o no, la fragmentación de la geoda destinada a colecciones particulares y museos.

Una alternativa a esta situación es contemplar la geoda y su entorno minero como un Patrimonio Geológico-Natural que pertenece, muy especialmente, a la comarca de Pulpí. La apertura al público de la geoda y su entrada, controlada y estudiada, puede enmarcarse dentro de este esquema de salvaguarda y adecuación turística conjunta.

El 9 de Julio de 2019 comenzó la obra que hacía visitable La Geoda de Pulpí. Tuvo una inversión total de 498.891€ que fue financiada por la Diputación Provincial de Almería y por el propio Ayuntamiento de Pulpí. El 29 de Julio comenzó la primera semana de visitas guiadas para los residentes de Pulpí, abriéndose para el público general el 5 de agosto de 2019.

Como se puede comprobar, nos encontramos con un monumento único en Europa, el cual debemos cuidar entre todos. La Geoda Gigante de Pulpí es un georrecurso natural reconocido por la Junta de Andalucía y un elemento del patrimonio geológico de incalculable valor. Cuidar y respetar el patrimonio, ya sea geológico, natural, histórico, cultural, etc, parte de que nos conciencemos en que perduren en el tiempo para que todas las futuras generaciones también los puedan disfrutar.

En el Anexo A se encuentra un pequeño tour gráfico por el interior de la mina hasta llegar a la geoda.

## **4.2 PROPUESTA DIDÁCTICA**

### **4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN**

Como ya se comentó al principio de este trabajo, el empleo en las aulas de nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje está en auge, por lo que esta intervención debe tenerlas en cuenta. Estas metodologías lo que quieren conseguir es un cambio en el entorno educativo, una mejora de los resultados académicos de los alumnos y que la formación recibida a través de los docentes sea integradora, con la ayuda de clases más dinámicas que estimulen al alumno.

### **4.2.2 METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

Las metodologías de aprendizaje que se van a desarrollar son la de Clase Invertida o Flipped Classroom y la de Aprendizaje Basado en Retos.

Flipped Classroom es un término que se asocia a un nuevo modelo pedagógico en el que se invierten determinados procedimientos del proceso de enseñanza y aprendizaje y se modifican los roles de los docentes y alumnos. Este proceso fomenta el uso de las tecnologías y facilita que el tiempo de clase se aproveche de una mejor forma.

Los profesores y alumnos cambian sus papeles: el docente en lugar de ser un mero transmisor de conocimientos pasa a realizar funciones de orientación, y el alumno no se limita solo a recibir

contenidos, sino que realiza una actividad constante de construcción de conocimiento.

En conclusión, es una nueva forma de entender el proceso educativo, más actualizado a la sociedad actual, donde el estudiante demanda cómo acceder a la información más que le transfieran una serie de conocimientos.

Flipped Classroom puede definirse como un modelo pedagógico que transfiere el trabajo de determinados procesos de aprendizaje fuera del aula y utiliza el tiempo de clase, junto con la experiencia del docente, para facilitar y potenciar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos dentro del aula (Santiago, 2018).

Cuatro son los pilares del aula invertida, definidos mediante sus siglas FLIP (*flipped classroom*):

- **Entorno flexible (Flexible environment):** Los educadores crean espacios adaptables donde los alumnos eligen cuándo y dónde aprenden, proporcionándoles una gran adaptabilidad al proceso. Además, los docentes que invierten sus clases son flexibles en sus expectativas, en los tiempos de aprendizaje y en la evaluación de los estudiantes.
- **Cultura de aprendizaje (Learning culture):** El modelo de aprendizaje *flipped* cambia deliberadamente la instrucción hacia un enfoque centrado en el alumno, en el que el tiempo de clase se dedica a explorar los temas con mayor profundidad y a crear más oportunidades de aprendizaje. Los estudiantes participan activamente en la construcción del conocimiento, al tiempo que evalúan su aprendizaje de una manera que puede ser personalmente significativa.
- **Contenido intencional (Intentional content):** Los educadores piensan continuamente sobre cómo pueden utilizar el modelo FLIP para ayudar a los estudiantes a desarrollar la comprensión conceptual y la fluidez de procedimiento. Los profesores emplean contenido intencional para maximizar el tiempo de clase con el fin de adoptar métodos y estrategias activas de aprendizaje centrados en el estudiante.
- **Educador profesional (Professional educator):** Los educadores profesionales observan continuamente a sus alumnos, proporcionándoles retroalimentación relevante en cada momento, así como evaluación de su trabajo. Los educadores profesionales son reflexivos en su práctica, interactúan entre sí para mejorar la calidad de su docencia, aceptan la crítica constructiva y toleran el “caos controlado en sus aulas”.

Con el empleo de esta metodología se consigue:

- Dedicar más tiempo a las dudas que se han podido generar.
- Atender las necesidades individuales de los alumnos.
- Favorecer el trabajo colaborativo o por proyectos.

Por otro lado, encontramos el Aprendizaje Basado en Retos (ABR). Este nuevo enfoque pedagógico está íntimamente ligado al Aprendizaje Basado en Problemas, pero va un poco más allá ya que trata de dar solución a problemas reales que nos rodean, no quedándose en el mero hecho de usar problemas del entorno como escenario de un contenido de aula (De la Mano, 2018).

Entendemos por aprendizaje el proceso a través del cual se modifican y adquieren habilidades, destrezas, conocimientos, conductas, y valores (Gross, 2012).

Un reto es una actividad, tarea o situación que implica al estudiante un estímulo y un desafío para llevarse a cabo (De la Mano, 2018).

Por su parte, el Aprendizaje Basado en Retos es un enfoque pedagógico que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, significativa y relacionada con su entorno, lo que implica definir un reto e implementar para éste una solución (Orientación Andújar, 2015).

El Aprendizaje Basado en Retos comparte características con el Aprendizaje Basado en Proyectos. Ambos acercamientos involucran a los estudiantes en problemas del mundo real y los hacen partícipes del desarrollo de soluciones específicas. Sin embargo, estas estrategias difieren en que en lugar de presentar a los estudiantes un problema a resolver, el Aprendizaje Basado en Retos ofrece problemáticas abiertas y generales sobre las cuales los estudiantes determinarán el reto que abordarán (Gaskins, Johnson, Maltbie y Kukreti, 2015).

Por otro lado, el Aprendizaje Basado en Retos también tiene similitudes con el Aprendizaje Basado en Problemas. Este último es una técnica de enseñanza-aprendizaje colaborativa en la que se plantea una situación problemática relacionada con el entorno físico o social (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2014). Una diferencia fundamental entre ambos enfoques es que el Aprendizaje Basado en Problemas a menudo utiliza escenarios de casos ficticios; su objetivo no es resolver el problema en sí, sino usarlo para el desarrollo del aprendizaje, el producto final puede ser tangible o bien, una propuesta de solución al problema (Larmer, 2015; Lovell y Brophy, 2014).

Los principales beneficios del Aprendizaje Basado en Retos son:

- Los estudiantes logran una comprensión más profunda de los temas, aprenden a diagnosticar y definir problemas antes de proponer soluciones, al tiempo que desarrollan su creatividad (Icaza, 2015).
- Los estudiantes se involucran tanto en la definición del problema a ser abordado como en la solución que desarrollarán para resolverlo (Gaskins et al., 2015).
- Los estudiantes se sensibilizan ante una situación dada, desarrollan procesos de investigación, logran crear modelos y materializarlos, trabajan colaborativa y multidisciplinariamente (Olmos, 2015).
- Los estudiantes se acercan a la realidad de su comunidad, establecen relaciones con gente especializada que contribuye a su crecimiento profesional (Probert, 2015).
- Los estudiantes fortalecen la conexión entre lo que aprenden en la escuela y lo que perciben del mundo que los rodea (D. Johnson, R. Johnson y Holubec, 2009).
- Los estudiantes tienden a desarrollar habilidades de comunicación de alto nivel, a través del uso de herramientas sociales y técnicas de producción de medios, para crear y compartir las soluciones desarrolladas por ellos mismos (Johnson et al., 2009).

### **4.2.3 BLOQUE DE ASIGNATURA**

De acuerdo con la *ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León*, la asignatura de Biología y Geología pertenece a una de las opciones dentro del bloque de asignaturas troncales del curso 1º Bachillerato.

En el currículo definido para la asignatura, ésta aparece dividida en nueve bloques:

- Bloque I: Los seres vivos: composición y función.
- Bloque II: La organización celular.
- Bloque III: Histología.
- Bloque IV: La biodiversidad.
- Bloque V: Las plantas: sus funciones y adaptaciones al medio
- Bloque VI: Los animales: sus funciones y adaptaciones al medio.
- Bloque VII: Estructura y composición de la Tierra.
- Bloque VIII: Los procesos geológicos y petrogénicos.
- Bloque IX: Historia de la tierra.

Esta propuesta didáctica incluye contenidos de los bloques VII y VIII, los que se desarrollan tanto en las sesiones en el centro, como en la actividad extraescolar propuesta.

#### 4.2.4 OBJETIVOS

Los objetivos de la unidad se pueden resumir en:

1. Conocer la dinámica de los procesos magmáticos.
2. Entender la formación de minerales a partir de procesos geológicos secundarios.
3. Indicar/resumir/explicar los resultados de los procesos geodinámicos externos (erosión, transporte y sedimentación).
4. Entender los procesos de formación de cristales, y por ende la formación de geodas.
5. Desenvolverse en un laboratorio, manteniendo los estándares de seguridad e higiene.
6. Desarrollar nuevas metodologías de aprendizaje (Flipped Classroom y ABR).
7. Mejor organización del tiempo en casa respecto al temario de las siguientes clases.
8. Trabajo en equipo, toma de confianza para las exposiciones en público, mejora del lenguaje no escrito.
9. Tomar conciencia del cuidado del Patrimonio Geológico-Natural.

#### 4.2.5 SECUENCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

Para el desarrollo de la secuencia temporal de la unidad didáctica, se tiene en cuenta la falta de clases disponibles en el curso para la parte de Geología dentro de la asignatura Biología y Geología de 1º de Bachillerato. De este hecho me di cuenta al revisar la *Programación del departamento de Biología y Geología del IES Diego de Praves* y también después de hablar con mi tutora sobre la puesta en práctica en clase de esta unidad.

Dicho lo anterior, la propuesta didáctica se desarrollará a finales del segundo trimestre, y se distribuirá en 5 sesiones de 50 minutos cada una. Tres de ellas se realizarán en clase y otras dos en el laboratorio del instituto. También se propone una actividad extraescolar, que consiste en una visita a la provincia de Almería donde poder visitar la Geoda de Pulpí y el Parque Natural de Cabo de Gata.

Como ya se dijo en el apartado 4.2.2., la metodología de enseñanza-aprendizaje será la Flipped Classroom y Aprendizaje Basado en Retos.

Para que los alumnos puedan llegar a la primera sesión preparados, se les entregará previamente un listado con enlaces a páginas web donde encontrarán información sobre la unidad didáctica, enlaces de videos (Anexo B), además de una presentación PowerPoint realizada por el profesor con información destacada (Anexo C).

En esta parte se aprovechará para que los alumnos activen los conocimientos previos sobre mineralogía y geodinámica externa. También se les entregará la información necesaria para la realización del experimento que se hará en la 2ª sesión.

A continuación, se describe las tareas a realizar en cada sesión.

**1ª SESIÓN:** Se aprovecharán los primeros 25 minutos de clase para hacer un pequeño debate donde los alumnos expongan sus dudas y conclusiones. En los siguientes 20 minutos restantes se dedicará a la resolución de dudas surgidas a los alumnos. Los 5 minutos restantes servirán para crear grupos de trabajo cooperativos para realización de una exposición oral. Se dividirán en 4 grupos de 5 alumnos.

Esta exposición se hará en formato libre, ya sea PowerPoint, Prezi u otro programa mediante el cual cada grupo considere más adecuado para su exposición.

**2ª SESIÓN:** Realización de experimento en el laboratorio. Se dedicarán los primeros 10 minutos de clase para refrescar los procedimientos a llevar a cabo durante la sesión. Los últimos 10 minutos se hará limpieza de los útiles usados y orden del laboratorio. En el anexo D se encuentra detallada la práctica de laboratorio.

**3ª SESIÓN:** Por grupos, puesta en común de lo aprendido en las dos sesiones anteriores y elaboración de la presentación oral.

**4ª SESIÓN:** Exposición oral de cada grupo, que tendrá una duración de 10 minutos por grupo. En ella deben recoger las conclusiones a las que han llegado en las tres sesiones anteriores.

**5ª SESIÓN:** Visita de nuevo al laboratorio para observar el resultado del experimento realizado en la segunda sesión.

**VISITA A LA GEODA DE PULPÍ:** Esta actividad se podría realizar en centros educativos cercanos a Almería, pero hacerla desde Castilla y León no es viable por la duración del tiempo de viaje (9-10h). Debido a esto, esta actividad puede ser reemplazada por un tour virtual en el aula mediante el visionado de videos, donde se verán las geodas más espectaculares que se conocen (Geoda de Pulpí, Geoda de Naica (Méjico) entre otras).

Tabla 2. Distribución temporal de las sesiones.

MARZO 2020				
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
2	3	4	5	6
9	10	11	12	13
16	17 <b>Primera Sesión</b>	18 <b>Segunda Sesión</b>	19 <b>Tercera Sesión</b>	20
23	24 <b>Cuarta Sesión</b>	25 <b>Quinta Sesión</b>	26 <b>Tour virtual Geodas del mundo</b>	27
30	31			

#### 4.2.6 RELACIÓN ENTRE LOS CONTENIDOS, ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE Y COMPETENCIAS TRABAJADOS

A continuación, se relacionan las competencias clave que se desarrollan relacionándolas con los contenidos, criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje. Así mismo, las competencias vienen detalladas en la ORDEN ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.

En la siguiente tabla, las competencias se muestran como abreviaturas:

- comunicación lingüística (CL)
- competencia matemática y competencias en ciencia y tecnología (CMCCT)
- competencia digital (CD)
- aprender a aprender (AA)
- competencias sociales y cívicas (CSC)
- competencia sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (CSIEE)
- conciencia y expresiones culturales (CEC)



Tabla 3. Relación de competencias clave y contenidos.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables	Competencias clave
<b>1º BACHILLERATO</b>			
<b>Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra</b>			
Aportaciones de las nuevas tecnologías en la investigación de nuestro planeta.	1. Aplicar los avances de las nuevas tecnologías en la investigación geológica.	1.1. Distingue métodos desarrollados gracias a las nuevas tecnologías, asociándolos con la investigación de un fenómeno natural.	CL CMCCT CD AA CSIEE CSC
Minerales y rocas. Conceptos. Clasificación genética de las rocas.	2. Seleccionar e identificar los minerales y los tipos de rocas más frecuentes, especialmente aquellos utilizados en edificios, monumentos y otras aplicaciones de interés social o industrial.	2.1. Identifica las aplicaciones de interés social o industrial de determinados tipos de minerales y rocas.	CL CMCCT CD AA CSIEE CSC
<b>Bloque 8. Los procesos geológicos y petrogenéticos</b>			
Magmatismo: Clasificación de las rocas magmáticas.	1. Categorizar los distintos tipos de magmas en base a su composición y distinguir los factores que influyen en el magmatismo.	1.1. Discrimina los factores que determinan los diferentes tipos de magmas, clasificándolos atendiendo a su composición.	CL CMCCT AA CSIEE
Rocas magmáticas de interés.	2. Reconocer la utilidad de las rocas magmáticas analizando sus características, tipos y utilidades.	2.1. Diferencia los distintos tipos de rocas magmáticas, identificando con ayuda de claves las más frecuentes y relacionando su textura con su proceso de formación.	CL CMCCT CD AA CSIEE
	3. Establecer las diferencias de actividad volcánica, asociándolas al tipo de magma.	3.1. Relaciona los tipos de actividad volcánica, con las características del magma diferenciando los distintos productos emitidos en una erupción volcánica.	CL CMCCT CD AA CSIEE

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables	Competencias clave
Procesos sedimentarios. Las facies sedimentarias: identificación e interpretación.	4. Relacionar estructuras sedimentarias y ambientes sedimentarios.	4.1 Detalla y discrimina las diferentes fases del proceso de formación de una roca sedimentaria.	CL CMCCT CD AA CSIEE
Clasificación y génesis de las principales rocas sedimentarias.	5. Clasificar las rocas sedimentarias aplicando sus distintos orígenes como criterio.	5.1. Ordena y clasifica las rocas sedimentarias más frecuentes de la corteza terrestre según su origen.	CL CMCCT CD AA CSIEE

#### 4.2.7 MEDIDAS DE ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

La respuesta educativa respecto a la atención a la diversidad de la Comunidad de Castilla y León viene recogida en la ORDEN EDU/1152/2010, de 3 de agosto, por la que se regula la respuesta educativa al alumnado con necesidad específica de apoyo educativo escolarizado en el segundo ciclo de Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Enseñanzas de Educación Especial, en los centros docentes de la Comunidad de Castilla y León.

A través de las metodologías aplicadas en esta unidad didáctica, se intenta prevenir y dar respuesta a las necesidades de todo el alumnado, con el reto de lograr una enseñanza de calidad en un escenario de igualdad. Esto se consigue a través del trabajo grupal en clase, donde estas metodologías permiten el apoyo entre compañeros, posibilitando que los alumnos más aventajados puedan colaborar con aquellos que tengan más dificultades en el aprendizaje.

Además, el momento en el que se les entrega a los alumnos el listado con los libros y enlaces web de donde pueden obtener la información necesaria para el aprendizaje de los contenidos a desarrollar en clase, dispondrán de enlaces donde la información sea más fácil de entender y otros enlaces donde se profundice más.

Durante mi estancia en el centro educativo, el colectivo más numeroso que he observado, sobre todo en los primeros cursos de la ESO, ha sido el del alumnado inmigrante. Para conseguir una rápida acogida en el centro de estos alumnos, se les dedicará mayor atención en las tareas de clase por parte del profesor y se procurará que el resto de los compañeros les ayuden, tanto en los temas académicos como en los personales de amistad. Igualmente, como medida educativa, se les entregará material educativo adecuado a sus necesidades.

#### 4.2.8 EVALUACIÓN

Como se sabe, la evaluación es un elemento fundamental en cualquier proceso de aprendizaje. Esta herramienta nos permite evaluar si el alumno ha alcanzado los estándares de aprendizaje evaluables de una asignatura. La idea clave es buscar evidencias de aprendizaje, evidencias de aprendizajes duraderos y polivalentes con diferentes fuentes de información.

Aplicando la metodología de Flipped Classroom, tendríamos dos formas para evaluar a los alumnos. O bien insertando un cuestionario en el video, el cual se responde durante su visionado; o bien realizando formularios en clase. En este sentido, considero más útil para el docente realizar cuestionarios en clase, debido a que puede observar el comportamiento de los alumnos.

## **CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

15% de la nota. Participación individual en clase, donde se valora la actitud y respeto a los compañeros durante las sesiones de debates y resolución de dudas. Una mala actitud repercutirá negativamente en la nota final.

15% de la nota. Actitud durante la realización de la práctica en el laboratorio. También se valorará que hayan estudiado en casa los objetivos y procedimientos a seguir, lo cual se observa en la forma de desenvolverse durante la realización del experimento.

20% de la nota. Trabajo en grupo durante la puesta en común de la información por grupos, y de la elaboración de la presentación oral. Se valorará la actitud, motivación y compañerismo.

20% de la nota. Presentación del proyecto y exposición oral. Se evalúa de forma grupal, ya que la presentación se preparó en grupo en la sesión 3ª. Al ser grupal la evaluación, se busca que todos los miembros del grupo participen activamente, ya que de no hacerlo repercute negativamente al resto del grupo.

30% de la nota. Realización de un cuestionario donde se evaluará la integración de los conceptos del tema trabajado.

## **PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN**

Entendemos por procedimiento al “cómo” se evalúa, a los métodos, técnicas, formas, etc. de recopilar información para la toma de decisiones.

- Observación diaria del trabajo de los alumnos mediante anotaciones en el cuaderno del profesor.
- Revisión de tareas realizadas en clase.
- Participación y actitud.
- Exposiciones orales, mediante rúbrica (Tabla 5).
- Debates en clase, a través de una lista de control (Tabla 6).
- Evaluación por parte del profesor (Cuestionario 1).
- Autoevaluación de su actitud en clase, a través de una rúbrica (Tabla 7).
- Coevaluación entre los integrantes de un mismo grupo de trabajo, mediante escala de valores (Tabla 8).

Los instrumentos utilizados hacen referencia a “con qué” evaluamos.

- Cuestionarios (Cuestionario 1)
- Rúbricas (Tablas 4-5-7)

- Listas de control (Tabla 6)
- Escala de valoración (Tabla 8)

Debido al empleo de nuevas metodologías, se hace necesaria la evaluación de éstas por parte del docente y de los alumnos. A través de la evaluación se pretende conocer, por un lado, el grado de satisfacción y el aprovechamiento percibido por parte de los alumnos; y, por otro lado, cómo el docente observa la actitud de los alumnos, si se desarrolla el aprendizaje significativo, la participación de toda la clase en las actividades, etc. En definitiva, es observar si los objetivos iniciales marcados por el docente se están consiguiendo.

*Cuestionario 1. Cuestionario de evaluación.*

<b>CUESTIONARIO GEODA DE PULPÍ</b>		
<b>Nombre del Alumno:</b>	<b>Curso:</b>	<b>Fecha:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué es una geoda?</li> <li>2. ¿Cómo se forman?</li> <li>3. Tipos de rocas en las que se forman las geodas</li> <li>4. Tipos de cuevas</li> <li>5. ¿Cómo se forman los tipos de cuevas?</li> <li>6. Explica los procesos que dieron lugar a la formación de la Geoda de Pulpí</li> <li>7. Comenta las medidas tomadas para su conservación</li> </ol>		

*Tabla 4. Rúbrica práctica de laboratorio.*

ASPECTOS A EVALUAR	3	2	1	0	TOTAL
<b>Preparación de material</b>	Trajo el material solicitado y preparó de forma perfecta las disoluciones	Trajo el material solicitado y preparó con dificultad las disoluciones	Le faltó material solicitado y preparó con dificultades las disoluciones	No trajo el material solicitado ni preparó las disoluciones	

ASPECTOS A EVALUAR	3	2	1	0	TOTAL
<b>Desempeño</b>	Realiza perfectamente la práctica. Aplica los conocimientos adquiridos	Realiza bien la práctica. Aplica los conocimientos adquiridos	Realiza la práctica con dificultad. Aplica los conocimientos con inseguridad	No termina la práctica. No aplica los conocimientos	
<b>Seguridad e higiene</b>	Aplica perfectamente medidas de seguridad e higiene durante la práctica	Aplica las medidas de seguridad, pero no las de higiene	Aplica las medidas de higiene, pero no las de seguridad	No aplica las medidas de seguridad ni las de higiene	
<b>Comportamiento</b>	Muestra perfecto comportamiento con los compañeros y profesor, cuidando el material del laboratorio	Muestra buen comportamiento con los compañeros y profesor, cuidando el material del laboratorio	Muestra buen comportamiento con los compañeros y profesor, pero no en el cuidando el material del laboratorio	No muestra buen comportamiento con los compañeros y profesor ni el cuidando el material del laboratorio	
<b>Entrega de informe</b>	Entregó el informe el día y hora indicados	Entregó el informe el día indicado, pero no a la hora indicada	Entregó el informe varios días después	No entregó el informe	

Escala de valores:

0= Mal; 1= Regular; 2=Bueno; 3= Excelente

*Tabla 5. Rúbrica exposición oral.*

ASPECTOS A EVALUAR	3	2	1	0	TOTAL
<b>Contenido</b>	Domina los contenidos en su totalidad	Domina los contenidos básicos	Domina sólo partes del tema	No domina los contenidos	
<b>Diseño presentación</b>	Diapositivas de fácil lectura, con tamaño de letra apropiado y ordenado	Diapositivas de buena lectura, pero con tamaño de letra pequeño y algo desordenado	Diapositivas de mala lectura, pero con tamaño de letra muy pequeño y desordenado	Diapositivas de mala lectura, con texto ilegible y muy desordenado	

ASPECTOS A EVALUAR	3	2	1	0	TOTAL
<b>Originalidad</b>	Exposición muy original con ideas creativas	Exposición original sin ideas creativas	Exposición corriente sin ideas creativas	Exposición aburrida	
<b>Comportamiento</b>	Muy buena disposición a la resolución de dudas de los compañeros, permitiendo la participación y respetando turno de palabra	Buena disposición a la resolución de dudas de los compañeros, permitiendo la participación, pero sin respetar el turno de palabra	Regular disposición a la resolución de dudas de los compañeros, permitiendo la participación y respetando turno de palabra	Mala disposición a la resolución de dudas de los compañeros, sin permitir la participación ni respetando turno de palabra	
<b>Expresión</b>	Pronuncia adecuadamente con buen tono de voz. Utiliza un vocabulario adecuado sin usar muletillas	Pronuncia adecuadamente variando levemente el tono de voz. Utiliza un vocabulario adecuado sin usar muletillas	Regular pronunciación y mal tono de voz. Utiliza un vocabulario inadecuado con el uso de alguna muletilla	Mala pronunciación con un vocabulario escaso y con abundantes repeticiones	

Escala de valores:

0= Mal; 1= Regular; 2=Bueno; 3= Excelente

*Tabla 6. Lista de control para los debates.*

NOMBRE DEL ALUMNO						
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
<b>Participa activamente</b>						
<b>Se expresa correctamente</b>						
<b>Argumenta sus respuestas</b>						
<b>Rebate correctamente</b>						
<b>Muestra postura correcta</b>						
<b>Muestra respeto (turno, ideas compañeros)</b>						

Debido a la naturaleza de las enseñanzas aplicadas, considero que es necesario que los propios alumnos se autoevalúen. De esta forma podrán ver cuáles son las actitudes buenas y malas que están llevando a cabo durante el tiempo en clase.

Tabla 7. Rúbrica autoevaluación alumnos.

CRITERIOS	3	2	1	0	TOTAL
Fui responsable con la entrega y utilización de los materiales					
Incentivé el trabajo en mi grupo aportando ideas y colaborando					
Escuché y respeté las ideas y críticas de mis compañeros					
Tuve buena relación y comunicación con mis compañeros					
Mantuve mi espacio de trabajo limpio y ordenado					
Utilicé equipos de protección en el laboratorio					
Intento hacerme entender en mis explicaciones, buscando formas hasta que se entiende lo que quiero decir					

Escala de valores:

0= Nunca; 1= Regularmente; 2= Casi siempre; 3= Siempre

Tabla 8. Escala de valores.

NOMBRE ALUMNO:		GRUPO:			
ASPECTOS A EVALUAR	3	2	1	0	
Participa activamente en el proyecto					
Ayuda a sus compañeros					
Favorece un buen ambiente de trabajo					
Muestra respeto a los compañeros					
Se desenvuelve correctamente					

Escala de valores:

0= Nunca; 1= A veces; 2=Casi siempre; 3= Siempre

## 5 CONCLUSIONES

He de decir, que previo al inicio de este trabajo, no tenía claro que metodología o metodologías de aprendizaje serían las más idóneas para atraer la atención de los alumnos. Sabía que quería que ésta fuera dinámica, atractiva y amena.

Tras la realización del presente trabajo, y el análisis de las metodologías Flipped Classroom y Aprendizaje Basado en Retos, y teniendo en cuenta todas sus ventajas e inconvenientes me parece que estas metodologías son muy interesantes y presentan grandes ventajas. A través de estas metodologías se fomenta la participación en clase del alumnado, haciendo las clases más activas y participativas. Según mi punto de vista, con ello también se consigue que los conocimientos que éstos adquieren sean más duraderos.

Esto último se consigue gracias al empleo de las TIC, las cuales forman parte de la vida diaria de cualquier alumno de hoy en día. Su uso otorga cierta autonomía a los alumnos, permitiendo que el docente se adapte a los diferentes estilos de aprendizaje del alumnado.

Por otro lado, me pareció interesante aplicar la transversalidad de contenidos entre varias asignaturas, permitiendo mostrar la utilidad de lo que están aprendiendo los alumnos, eliminando la sensación que pueden tener en ocasiones de que tienen que aprender porque sí.

Adicionalmente, y a partir de mi paso por el centro educativo durante el periodo de prácticas, me gustaría hacer una pequeña crítica sobre la evolución de la asignatura Biología y Geología a lo largo de la ESO y Bachillerato, y más concretamente en lo referente a la parte de Geología. Me ha llamado mucho la atención las escasas horas destinadas a la parte de Geología en los cursos de 1º ESO y 1º Bachillerato. Pienso que esto influye fuertemente en la opinión que los alumnos tienen acerca de la importancia de esta parte de la asignatura. Es difícil atraer el interés del alumnado hacia la Geología cuando, desde la planificación de la asignatura por parte del Ministerio de Educación, le resta importancia. Esto se observa tanto en el temario de la asignatura, donde existen muchos más temas de Biología que de Geología, como en el momento de preparar las oposiciones de Profesor de Secundaria en esta especialidad. Por ello, el presente trabajo se ha desarrollado tratando de mejorar la formación en geología de los alumnos, con el objetivo de motivarlos en esta materia y que disfruten de los abundantes Parques Geológico presentes en España.

Para finalizar, quería recordar lo expuesto en la introducción de este trabajo, donde se comentaba que debido a la contingencia ocurrida con el virus COVID-19 no se pudo llevar a cabo dicha unidad didáctica.



## 6 BIBLIOGRAFIA

- Aula invertida. (8 de mayo de 2020). Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Aula\\_invertida#Pilares\\_del\\_aula\\_invertida](https://es.wikipedia.org/wiki/Aula_invertida#Pilares_del_aula_invertida)
- Biología y Geología 3ºESO, Ed. Anaya.
- Calaforra J.M, Fernández A, García-Guinea J., Guerrero M. y Grima J. (2005). *La Geoda Gigante de Pulpí (Almería)*. Separata de la Revista Axarquía, nº10. Verano 2005, 225-240.
- Calaforra J.M., Moreno R., García-Guinea J., Guerrero M. y Romero A. (2001). “*La Geoda Gigante de Pulpí: patrimonio geológico y minero*”. Monográficos M/A, nº 37.
- Calaforra, J.M. y García-Guinea, J. (2000). *La Geoda Gigante de Pulpí*. Boletín de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, Sedeck 1, 52-53.
- Campillo, A.C., Maldonado, A. y Mauffret, A. (1992). Stratigraphic and Tectonic Evolution of the Western Alboran Sea: Late Miocene to Recent. *Geo-Marine Letters*, 12, 165-172
- Campuseducación. (15 de noviembre de 2019). Cómo llevar a cabo las Flipped Classroom. Recuperado de <https://www.campuseducacion.com/blog/recursos/articulos-campuseducacion/como-llevar-a-cabo-las-flipped-classroom/>
- Canals, A., Van Driessche A., Palero, F., García-Ruiz J.M. (15 de octubre de 2019). The origin of large gypsum crystals in the Geode of Pulpí (Almería, Spain). Recuperado de <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article/doi/10.1130/G46734.1/574380/The-origin-of-large-gypsum-crystals-in-the-Geode>
- Centro Virtual Cervantes. (Sin fecha). Aprendizaje por descubrimiento. Recuperado de [https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/diccio\\_ele/diccionario/aprendizajedescribimiento.htm](https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/aprendizajedescribimiento.htm)
- Conoce la Geoda y la Mina Rica. (Sin fecha). Recuperado de <http://www.geodapulpi.es/Servicios/cmsdipro/index.nsf/informacion.xsp?p=Geoda&documentId=8E39839582DA476AC1258424003061B6>
- Cueva. (3 de mayo de 2020). Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cueva>
- De la Mano, E. (24 de octubre de 2018). “Aprendizaje basado en retos”. Nuevas metodologías activas de aprendizaje en el aula. Recuperado de <http://revistaventanaabierta.es/aprendizaje-basado-en-retos-nuevas-metodologias-activas-de-aprendizaje-en-el-aula/>
- De Miguel, R. (2019). Cómo el Aprendizaje Basado en Retos conecta con los intereses del alumno. Recuperado de <https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/aprendizaje-basado-en-retos-intereses-alumnos/>
- Delgado, J. (2020). Qué es el método Montessori y cómo aplicarlo en casa. Recuperado de <https://www.etapainfantil.com/metodo-montessori-casa>
- Diario El Confidencial. (4 de agosto de 2019). La geoda de Pulpí (Almería), la más grande de Europa, abre al público. Recuperado de [https://www.elconfidencial.com/ultima-hora-en-vivo/2019-08-04/la-geoda-de-pulpi-almeria-la-mas-grande-de-europa-abre-al-publico\\_2456635/](https://www.elconfidencial.com/ultima-hora-en-vivo/2019-08-04/la-geoda-de-pulpi-almeria-la-mas-grande-de-europa-abre-al-publico_2456635/)
- Eduforics. (25 de abril de 2017). Aprendizaje basado en proyectos: un proyecto auténtico y real. Recuperado de <http://www.eduforics.com/es/aprendizaje-basado-proyectos/>

- García-Guinea, J. Calaforra, J.M. (2001). *La geoda de cristales de yeso de Jaravía* (Almería). Revista del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, (En prensa)
- Geoda de Pulpí. (9 de marzo de 2020). Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Geoda\\_de\\_Pulp%C3%AD](https://es.wikipedia.org/wiki/Geoda_de_Pulp%C3%AD)
- Geodas: qué son, cómo se forman, propiedades y características de las geodas. (27 de marzo de 2018). Recuperado de <https://esoterismos.com/geoda/>
- Geode. (29 de marzo de 2013). Recuperado de <http://www.geologypage.com/2013/03/geode.html>
- González, B. (Sin fecha). El método Waldorf: claves, beneficios y puntos fuertes del método educativo. Recuperado de <https://www.serpadres.es/3-6-anos/educacion-desarrollo/articulo/metodo-waldorf-educacion-alternativa>
- Gross, Richard (30 de marzo de 2012). *Psychology: The Science of Mind and Behaviour 6th Edition*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje#cite\\_note-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje#cite_note-1)
- Ingeniería de Procesos Biotecnológicos. (7 de mayo de 2018). Nucleación y crecimiento del cristal. Recuperado de <https://cursolusegil.blogs.upv.es/2018/05/07/nucleacion-y-crecimiento-del-cristal/>
- Ingeoexpert. (23 de septiembre de 2019). ¿Qué es el relieve kárstico y cómo se forma? Recuperado de <https://ingeoexpert.com/2019/09/23/que-es-el-relieve-karstico-como-se-forma/>
- Isaza, J. (26 de mayo de 2016). Qué es el Design Thinking. Recuperado de <https://bienpensado.com/que-es-el-design-thinking/>
- Jarque, J.J. (Sin fecha). Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor. Recuperado de <https://www.mundoprimaria.com/pedagogia-infantil-primaria/sentido-de-iniciativa-y-espiritu-emprendedor.html>
- Jauuch, N. (29 de junio de 2016). Cómo hacer cristales de sulfato de cobre. Recuperado de [https://www.taringa.net/+ciencia\\_educacion/como-hacer-cristales-de-sulfato-de-cobre\\_hvhy8](https://www.taringa.net/+ciencia_educacion/como-hacer-cristales-de-sulfato-de-cobre_hvhy8)
- Jolivet, L., Augier, R., Robin, C., Suc, J.P. y Rouchy, J.M. (2006). Lithospheric-scale geodynamic context of the Messinian salinity crisis. *Sedimentary Geology*, 188- 189, 9-33
- Joyas y gemas. (10 de abril de 2012). Geodas: Las rocas Preciosas. Recuperado de <http://es.globedia.com/geodas-rocas-preciosas>
- Karst. (21 de enero de 2020). Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Karst>
- Loitxate, M. (20 de septiembre de 2019). Visitar la geoda de Pulpí (Almería). Recuperado de [https://www.lonifasiko.com/2019/09/20/visitar-geoda-de-pulpi-almeria-comprar-entradas-reservas/#Visita\\_guiada\\_a\\_la\\_geoda\\_gigante\\_de\\_Pulpi](https://www.lonifasiko.com/2019/09/20/visitar-geoda-de-pulpi-almeria-comprar-entradas-reservas/#Visita_guiada_a_la_geoda_gigante_de_Pulpi)
- Llopis, N. (1970). *Fundamentos de hidrogeología kárstica*. Ed. Blume. Madrid, p. 269.
- Merino, I. (2019). “*Dentro de la Geoda de Pulpí*”. EL PAÍS. Recuperado el 5 de julio de 2019.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2015). Aprendizaje Basado en Proyectos. Recuperado de <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP17667.pdf&area=E>
- Monteverde, R. (20 de octubre de 2019). Recuperado de <https://www.tekcrispy.com/2019/10/20/como-formo-geoda-pulpi-espana/>

- Montoriol-Pous, J. (1973). Sobre la tipología vulcanoespeleogénica. *Act. III Simp.Espeleol.* Mataró (1973): 268-273.
- Observatorio de Innovación Educativa (2016): *Aprendizaje basado en retos*. Instituto Tecnológico y de Estudios superiores de Monterrey. Recuperado de: <https://observatorio.itesm.mx>
- 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.
- Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.
- Orientación Andújar. (13 de noviembre de 2015). Como trabajar en clase el aprendizaje basado en retos ABR. Recuperado de <https://www.orientacionandujar.es/2015/11/13/como-trabajar-en-clase-el-aprendizaje-basado-en-retos-abr/>
- Palero, F., Canals, A., Van Driessche A., García-Ruiz J.M. (2015). *Interpretando la Mina Rica (Pulpí, Almería): Estructura, Mineralogía y Geoquímica*. Recuperado de [http://www.ehu.es/sem/macla\\_pdf/macla20/Macla20\\_113-114.pdf](http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla20/Macla20_113-114.pdf)
- Palero, F., Gómez, F., Cuesta, J.M. (2001). *Pilar de Jaravía. La Geoda Gigante de la Mina Rica*. *Bocamina* 6, 54-67.
- Pantoja J. y Gómez J.A. (2004). *Los sistemas hidrotermales y el origen de la vida*. *Ciencias* 75, julio-septiembre, 14-22. Recuperado de <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/78-revistas/revista-ciencias-75/631-los-sistemas-hidrotermales-y-el-origen-de-la-vida.html>
- Piaget, J. (1981). *La teoría de Piaget, Infancia y aprendizaje*. Barcelona: Gedisa.
- Plan de atención a la diversidad (PAD). (Sin fecha). Recuperado de [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14004841/helvia/sitio/upload/Programa\\_de\\_atencion\\_a\\_la\\_diversidad\\_2017.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14004841/helvia/sitio/upload/Programa_de_atencion_a_la_diversidad_2017.pdf)
- Procesos hidrotermales. (8 de abril de 2012). Recuperado de <https://glosarios.servidor-alicante.com/geologia/procesos-hidrotermales>
- Programación departamento de Biología y Geología del IES Diego de Praves. (2019)
- Quicios, B. (2018). Cómo ayudar al niño a desarrollar el pensamiento abstracto. Recuperado de <https://www.guiainfantil.com/educacion/aprendizaje/como-ayudar-al-nino-a-desarrollar-el-pensamiento-abstracto/>
- Realinfluencers. (2018). Flipper Classroom con BlinkLearning. Recuperado de <https://www.realinfluencers.es/2018/08/01/flipped-classroom-con-blinklearning/>
- Rojo, A. (2015). *TFM-G428, Los procesos kársticos en Castilla y León*. Valladolid, España: Repositorio UVA.
- Rouchy, J.M. y Saint Martin, J.P. (1992). *Late Mio-cene events in the Mediterranean as recorded by carbonate-evaporite relations*. *Geology*, 20, 629-632.
- Ruiz, S. (11 de agosto de 2019). Efrén Cuesta: Yo descubrí la Geoda de Pulpí. Recuperado de <https://www.lavozdealmeria.com/noticia/12/almeria/176729/efren-cuesta-yo-descubri-la-geoda-de-pulpi>

- Saborio, A. (29 de agosto de 2019). Teorías del aprendizaje según Bruner. Recuperado de <https://www.psicologia-online.com/teorias-del-aprendizaje-segun-bruner-2605.html>
- Salmerón H. (Sin fecha). *Análisis funcional de la competencia Aprender a Aprender*. Recuperado de [http://calidad.ugr.es/pages/secretariados/form\\_apoyo\\_calidad/programa-de-formacion-permanente/evaluacioncompetencias2/sesion4a7/analisisfuncionalcompetenciaparaaprenderaaprenderpdf/!](http://calidad.ugr.es/pages/secretariados/form_apoyo_calidad/programa-de-formacion-permanente/evaluacioncompetencias2/sesion4a7/analisisfuncionalcompetenciaparaaprenderaaprenderpdf/)
- Salvador, I. R. (2019). Modelo pedagógico tradicional: historia y bases teórico-prácticas. Recuperado de <https://psicologiaymente.com/desarrollo/modelo-pedagogico-tradicional>
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). Datación de las rocas. Recuperado de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Datacion-de-las-rocas.html>
- Soria, J.M. (2007). *La Crisis de Salinidad del Messiniense*. Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13062/1/Soria\\_Crisis\\_salinidad.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13062/1/Soria_Crisis_salinidad.pdf)
- Sternai P., Caricchi L., Garcia-Castellanos, D., Jolivet, L., Sheldrake, T. y Castelltort, S. (2017). *Magmatic pulse driven by sea-level changes associated with the Messinian salinity crisis*. Nature Geoscience. Recuperado de <https://www.tiempo.com/ram/368112/la-rapida-deseccacion-parcial-del-mediterraneo-causo-una-mayor-actividad-volcanica/>
- Tekman Education. (23 de octubre de 2015). 9 características de la Flipped Classroom. Recuperado de <https://www.tekmaneducation.com/blog/2015/10/23/9-caracteristicas-de-la-flipped-classroom/>
- Vicerrectoría de Normatividad Académica y Asuntos Estudiantiles (2014). Qué es el Aprendizaje Basado en Problemas. Recuperado de: [http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/2\\_1.htm](http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/2_1.htm)

## 7 ANEXOS.

### 7.1 ANEXO A. Tour a través del interior de la Mina Rica.

A continuación se adjunta el enlace web donde se puede encontrar el Tour al interior de la Mina Rica.

[https://www.lonifasiko.com/2019/09/20/visitar-geoda-de-pulpi-almeria-comprar-entradas-reservas/#Visita\\_guiada\\_a\\_la\\_geoda\\_gigante\\_de\\_Pulpi](https://www.lonifasiko.com/2019/09/20/visitar-geoda-de-pulpi-almeria-comprar-entradas-reservas/#Visita_guiada_a_la_geoda_gigante_de_Pulpi)

### 7.2 ANEXO B. Infografía.

#### Enlaces a páginas web

- <http://es.globedia.com/geodas-rocas-preciosas>
- <http://www.geologypage.com/2013/03/geode.html>
- <https://geology.com/articles/geodes/>
- <https://www.rockseeker.com/geode-rocks/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Cueva>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Karst>
- <https://ingeoexpert.com/blog/2019/09/23/que-es-el-relieve-karstico-como-se-forma/>
- <https://www.encyclopedia.com/environment/energy-government-and-defense-magazines/hydrothermal-processes>
- <https://glosarios.servidor-alicante.com/geologia/procesos-hidrotermales>
- <https://cursolusegil.blogs.upv.es/2018/05/07/nucleacion-y-crecimiento-del-cristal/>
- <http://www.geodapulpi.es/Servicios/cmsdipro/index.nsf/informacion.xsp?p=Geoda&documentId=8E39839582DA476AC1258424003061B6>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Geoda\\_de\\_Pulp%C3%AD](https://es.wikipedia.org/wiki/Geoda_de_Pulp%C3%AD)
- <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article/doi/10.1130/G46734.1/574380/The-origin-of-large-gypsum-crystals-in-the-Geode>
- <https://lanochedelosinvestigadores.fundaciondescubre.es/actividades/la-geoda-gigante-pulpi-descubrimiento-inesperado/>
- [https://www.lonifasiko.com/2019/09/20/visitar-geoda-de-pulpi-almeria-comprar-entradas-reservas/#Visita\\_guiada\\_a\\_la\\_geoda\\_gigante\\_de\\_Pulpi](https://www.lonifasiko.com/2019/09/20/visitar-geoda-de-pulpi-almeria-comprar-entradas-reservas/#Visita_guiada_a_la_geoda_gigante_de_Pulpi)

#### Documentos bibliográficos

- Calaforra J.M, Fernández A, García-Guinea J., Guerrero M. y Grima J. (2005). *La Geoda Gigante de Pulpí (Almería)*.
- Calaforra J.M., Moreno R., García-Guinea J., Guerrero M. y Romero A. (2001). “*La Geoda Gigante de Pulpí: patrimonio geológico y minero*”. Monográficos M/A, nº 37.
- Calaforra, J.M. y García-Guinea, J. (2000). *La Geoda Gigante de Pulpí*. Boletín de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, Sedeck 1, 52-53.

- García-Guinea, J. Calaforra, J.M. (2001). *La geoda de cristales de yeso de Jaravía* (Almería). Revista del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, (En prensa)
- Palero, F., Canals, A., Van Driessche A., García-Ruiz J.M. (2015). *Interpretando la Mina Rica (Pulpí, Almería): Estructura, Mineralogía y Geoquímica*.
- Palero, F., Gómez, F., Cuesta, J.M. (2001). *Pilar de Jaravía. La Geoda Gigante de la Mina Rica*. Bocamina 6, 54-67.
- Pantoja J. y Gómez J.A. (2004). *Los sistemas hidrotermales y el origen de la vida*. Ciencias 75, julio-septiembre, 14-22.
- Soria, J.M. (2007). *La Crisis de Salinidad del Messiniense*.
- Sternai P., Caricchi L., Garcia-Castellanos, D., Jolivet, L., Sheldrake, T. y Castellort, S. (2017). *Magmatic pulse driven by sea-level changes associated with the Messinian salinity crisis*. Nature Geoscience.

## **VIDEOGRAFÍA**

### **Formación de cristales**

- [https://youtu.be/sufy\\_v9vE-w](https://youtu.be/sufy_v9vE-w)

### **Geodas**

- <https://youtu.be/kRpS4koH9ak>

### **Paisaje kárstico**

- <https://youtu.be/82mGRqiUdFA>
- <https://youtu.be/8SfyTr3QUQQ>
- <https://youtu.be/J0F3iTpLlo8>

### **Actividad Hidrotermal**

- <https://youtu.be/81LRDzftqA0>
- <https://youtu.be/qubPh0n7XlQ>

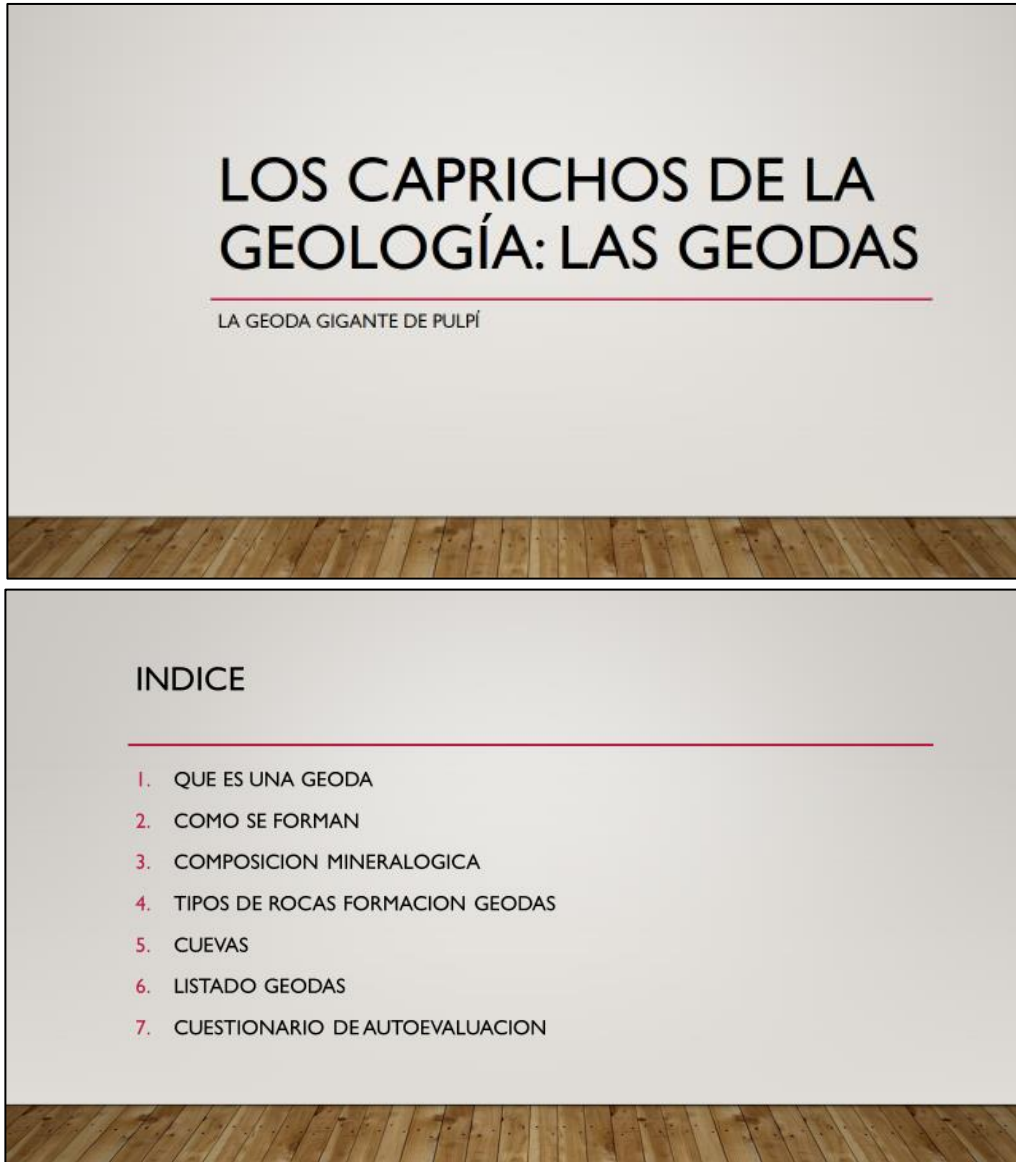
### **Geoda de Pulpí**

- <https://youtu.be/f8yyYrOsXHM>
- <https://youtu.be/dmqsjR51nZo>
- [https://players.brightcove.net/55814260001/rkDAq3Wf\\_default/index.html?videoId=6095566750001](https://players.brightcove.net/55814260001/rkDAq3Wf_default/index.html?videoId=6095566750001)

## Experimento en laboratorio

- <https://youtu.be/-NDiPCYG5qE>

### 7.3 ANEXO C. Presentación PowerPoint



## QUE ES UNA GEODA

---



## UNA GEODA ES:

---

- Una **cavidad rocosa**, normalmente cerrada y hueca, en la que han **crystalizado minerales** que se proyectan hacia el interior.
- También se conocen como geodas las rocas huecas en cuyo interior han crecido otras especies de minerales.

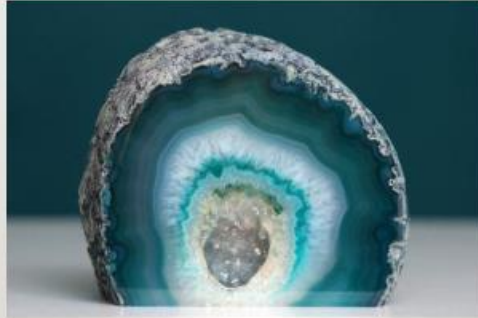




## EN LA GEODA...

---

- Esta cristalización se lleva a cabo por capas en las paredes internas de la cavidad y los cristales son de gran tamaño debido a la poca presión existente en el interior hueco.



## COMO SE FORMAN(I)

---

Las geodas se pueden formar a causa de burbujas de gas en el interior de una masa magmática que, gracias a la cavidad originada por la burbuja y al lento proceso de enfriamiento, permiten la perfecta cristalización de los materiales que la envuelven.



## COMO SE FORMAN(II)

---

Por precipitación de sustancias disueltas, cuando la evaporación causa que las sales disueltas se concentren y se precipiten al no poder seguir disueltas en un menor volumen de agua.



## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

---

Generalmente, los cristales presentes dentro de las geodas pertenecen al grupo del cuarzo, de las variedades amatista, citrino o hialino; éstos se encuentran instalados sobre una serie de capas externas de calcedonia, una variedad microcristalina del cuarzo.



## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

---

Los cristales de mayor tamaño están compuestos por las distintas variedades de yesos.



## TIPOS DE ROCA FORMACION DE GEODAS

---

Las geodas se forman principalmente en dos tipos de rocas:

- Volcánicas
- Sedimentarias

Estas rocas actúan como roca de caja, en las cuales encontramos las geodas propiamente dichas.

## GEODAS EN ROCAS VOLCÁNICAS

---

Las cavidades que se forman en áreas volcánicas suelen producirse cuando los **gases quedan atrapados** y precipitan en esas vesículas formadas, los minerales arrastrados por fluidos o por la propia disolución de las rocas adyacentes no escapan y quedan en la roca dejando un hueco en su interior.



## GEODAS EN ROCAS VOLCÁNICAS

---

El proceso de formación de las geodas se produce **durante el enfriamiento del magma** y debido a las diferencias existentes entre los propios minerales que forman el magma.



## AFLORAMIENTO DE GEODAS VOLCÁNICAS

---



## GEODAS EN ROCAS SEDIMENTARIAS

---

Los huecos se forman generalmente por disolución de la roca, como ocurre en las áreas kársticas, o como consecuencia de la apertura de un espacio por raíces o animales en el subsuelo.



## AFLORAMIENTO DE GEODAS SEDIMENTARIAS

---

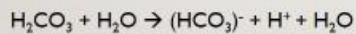


## PROCESO KÁRSTICO. REACCIONES QUÍMICAS

---



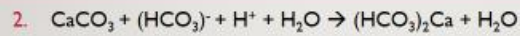
El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se mezcla con el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y forman ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que al disolverse con el agua, es arrastrado a través de las grietas y poros de la roca dando lugar a las cuevas.



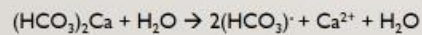
El ácido carbónico se disocia parcialmente formando iones bicarbonato e hidrógeno, siendo los iones  $\text{H}^+$  los que acidifican el agua.

## PROCESO KÁRSTICO. REACCIONES QUÍMICAS

---



El agua acidificada es capaz de disolver los minerales solubles (calcita, dolomita) agrandando los poros y las fracturas dando lugar a las cuevas o cavidades. En primer lugar, el carbonato de calcio, insoluble en agua, reacciona con el ion bicarbonato disuelto en el agua de lluvia. De esta forma el carbonato de calcio se transforma en bicarbonato de calcio, que sí es soluble en agua. En consecuencia, el bicarbonato de calcio formado puede disolverse en agua y puede ser transportado por ésta.



## GEODAS EN ROCAS SEDIMENTARIAS

---

Los minerales que precipitan para formar la geoda llegan hasta ella disueltos en el agua, o en fluidos hidrotermales, y una vez allí se comienzan a formar los cristales de su interior.



## FORMACIÓN DE CUEVAS

---

Dependiendo del momento en que se crearon las cuevas en relación a la formación de la roca que las componen, se pueden dividir en:

- **Cuevas primarias o volcánicas**
- **Cuevas secundarias**

## CUEVAS EN ROCAS VOLCÁNICAS

La lava expulsada por un volcán fluye hacia abajo y cuando la superficie se enfría se endurece, actuando como aislante térmico bajo el que la lava sigue fluyendo hasta que la erupción termina y acaba por dejar un hueco vacío en el interior del tubo.

Se las conoce como "Tubo Volcánico".



## CUEVAS EN ROCAS SEDIMENTARIAS

En el más común de los casos, las cuevas se forman por la disolución de la roca caliza por parte del agua ligeramente ácida. Estas calizas están formadas con carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), el cual reacciona con las aguas ácidas haciendo que la roca encajante se descomponga (meteorización) y se pierda material por medio de la erosión.



## GEODA GIGANTE DE PULPÍ

La geoda de Pulpí se localiza en la explotación minera de la Mina Rica, en la ladera oriental de la Sierra del Aguilón en Pilar de Jaravía, término municipal de Pulpí, en Almería. Se trata de una geoda gigante recubierta por enormes cristales de selenita (sulfato de calcio hidratado), una variedad translúcida de yeso.

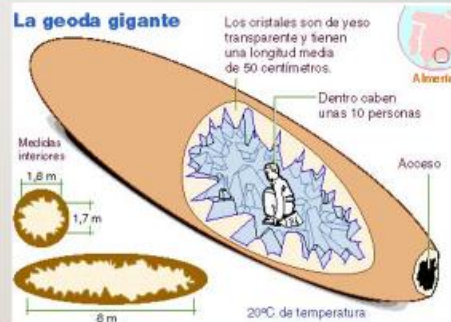


## GEODA GIGANTE DE PULPÍ

El origen de la geoda se puede explicar en dos fases. La primera relacionada con la formación de la cavidad, que se formó por karstificación de las dolomías (carbonato cálcico y magnésico) que forman la Sierra del Aguilón, acompañada de inyecciones hidrotermales. La segunda fase relacionada con el depósito mineral en el interior de la cavidad, el cual podría explicarse mediante un modelo mixto kárstico-hidrotermal. En esta segunda fase se produjo la formación de los cristales de yeso gracias a la inyección de aguas hidrotermales procedentes del vulcanismo residual de Cabo de Gata, que llevaban en disolución los elementos necesarios para el crecimiento de los cristales.

## GEODA GIGANTE DE PULPÍ

Ocupa un volumen hueco de 10,7 m<sup>3</sup> (8 m de largo, por 1,8 m de ancho, por 1,7 m de alto) y está situada a 60 m de profundidad en la Mina Rica.



## GEODA GIGANTE DE PULPÍ

Acceso a Mina Rica donde se encuentra la geoda



## GEODA GIGANTE DE PULPÍ

---

Escaleras de acceso a la geoda



## GEODA GIGANTE DE PULPÍ

---

Acceso al interior de la geoda



## EJEMPLOS DE GEODAS GIGANTES

---

Geoda de Pulpí, Almería.





## EJEMPLOS DE GEODAS GIGANTES

---

Cueva de Naica, México.



## EJEMPLOS DE GEODAS GIGANTES

---

Mina Santiño, Artigas-  
Uruguay.



## AUTOEVALUACIÓN

---

1. ¿Qué es una geoda?
2. ¿Cómo se forman?
3. Tipos de rocas en las que se forman las geodas
4. Tipos de cuevas
5. ¿Cómo se forman los tipos de cuevas?
6. Explica los procesos que dieron lugar a la formación de la Geoda de Pulpi
7. Comenta las medidas tomadas para su conservación

## 7.4 ANEXO D. Práctica de laboratorio: “Formación de cristales de Sulfato de Cobre”.

### INTRODUCCIÓN

La cristalización es un proceso de separación de un sólido a partir de una disolución. Al incrementarse la concentración del sólido por encima del punto de saturación, el exceso de sólido se separa en forma de cristales.

El sulfato de cobre (II), también llamado vitriolo azul, sulfato cúprico, piedra azul o caparrosa azul, es un compuesto químico derivado del cobre que forma cristales azules, solubles en agua (su solubilidad, a 20 °C, es de 20'7 g/100 ml de agua). Este sulfato cristaliza en el sistema triclinico, cuya forma básica es un prisma oblicuo con base rectangular.

En este experimento vamos a usar el Sulfato de Cobre pentahidratado o calcantita, cuya fórmula química es:  $\text{Cu}(\text{SO}_4)5\text{H}_2\text{O}$ . Su solubilidad es de 33g/100 ml de agua a 20°C.

### OBJETIVO

Obtener cristales de sulfato de cobre bien formados para su posterior observación.

### MATERIALES

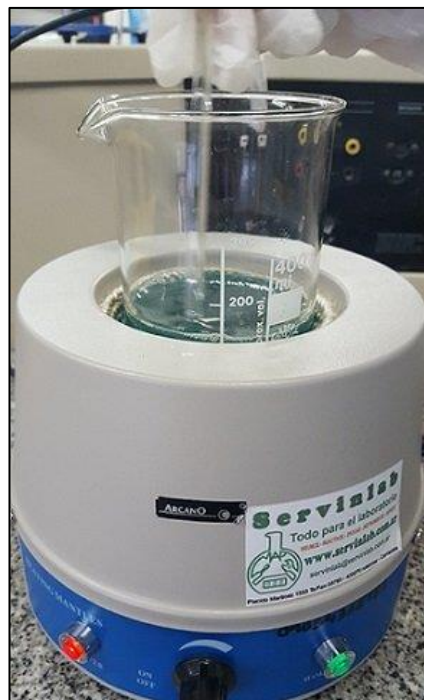
- 425 g de sulfato de cobre en polvo
- 500 ml de agua destilada
- Vasos de precipitado
- Una placa para calentar
- Balanza de precisión
- Papel de filtro
- Cuerda fina
- 1 palito

### PROCEDIMIENTO

- 1) Preparamos una disolución de 350 g de sulfato de cobre con 500 ml de agua destilada en un vaso de precipitados.



Se coloca sobre la placa para calentar y crear la disolución.



Una vez disuelto, procedemos a filtrarla para evitar suciedad para que no altere el proceso de cristalización.

Dejamos que se enfríe lentamente. Hasta el día siguiente no se observarán los resultados de la formación de los cristales.

Los cristales formados en este paso han estado condicionados por el espacio disponible, por lo que sus caras no son perfectas.

- 2) Recogemos los cristales formados para poder crear cristales más perfectos.



- 3) De los cristales anteriores, apartamos uno para seguir con la siguiente fase del experimento. El resto de cristales los juntamos y le añadimos 75 gr más de sulfato de cobre. Se calienta todo con la ayuda de la placa y de un vaso de precipitado, hasta obtener de nuevo una disolución sobresaturada.
- 4) Con la ayuda del palito y la cuerda, colgamos el cristal que apartamos en la fase anterior. Lo que se pretende es introducir dicho cristal en la disolución sin tocar ningún borde del tarro. Con esto conseguiremos que el nuevo cristal crezca en todas las direcciones, ya que no tendrá limitación de espacio.



- 5) Después de varios días, sacamos el cristal de la disolución, obteniendo una muestra de mayor tamaño de color azul.

