

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



Los procesos kársticos en Castilla y León

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

Julio de 2015

Alumno: Adrián Rojo García

Tutor: Jesús Medina García

Los procesos kársticos en Castilla y León

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

Julio de 2015

Alumno: Adrián Rojo García.

Tutor: Jesús Medina García.

Departamento de Física de la Materia Condensada Cristalografía y Mineralogía.

Universidad de Valladolid

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1	Justificación.....	7
1.2	Contexto educativo.....	8
2.	NORMATIVA.....	9
3.	RELACIÓN CON EL CURRÍCULO OFICIAL.....	11
4.	OBJETIVOS DE ETAPA Y DE LA MATERIA.....	13
5.	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE.....	15
6.	CONOCIMIENTOS PREVIOS	16
7.	CONTENIDOS	18
7.1	Modelado kárstico	18
7.2	Proceso de karstificación.....	18
7.3	Fases de los procesos kársticos.....	21
7.4	Evolución del paisaje kárstico	35
7.5	Tipología del karst.....	37
7.6	Riesgos asociados al Karst	38
7.7	Procesos kársticos en Castilla y León	40
8.	METODOLOGÍA	47
9.	ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	48
10.	MATERIALES Y RECURSOS	55
11.	TEMPORALIZACIÓN DE ACTIVIDADES Y CONTENIDOS.....	56
12.	MEDIDAS DE ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD	58
13.	ESTRATEGIAS E INSTRUMENTOS DE LA EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN	59
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	61
	ANEXO I: SALIDA DIDÁCTICA “HOCES DE VEGACERVERA Y CUEVA DE VALPORQUERO”	63
	ANEXO II: PRUEBA ESCRITA – LOS PROCESOS KÁRSTICOS.....	67

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo corresponde al apartado final del Máster en “Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas” de la Universidad de Valladolid y tiene como objetivo principal aplicar y unificar los diferentes conocimientos adquiridos durante la parte teórica y las prácticas del Máster dando como resultado la siguiente Unidad Didáctica.

La especialidad cursada durante el Máster ha sido la de Biología y Geología y el tema elegido para la realización del Trabajo de Fin de Máster, es el de los procesos kársticos en Castilla y León, área tratada en la asignatura “Complementos de la Geología”. En todo momento durante la elaboración de este trabajo se busca un equilibrio entre los conocimientos pedagógicos y los conocimientos específicos de la materia, entendiendo este equilibrio como la clave que cualquier docente debe adquirir para realizar una docencia adecuada.

1.1 Justificación

Se ha seleccionado el tema de los procesos kársticos para desarrollar la Unidad Didáctica ya que ejemplifica perfectamente la diversidad de formas resultantes del modelado del relieve terrestre. El tema es idóneo además para realizar una salida de campo en Castilla y León debido a los numerosos ejemplos existentes en nuestro territorio. Este tema sirve para reforzar el aprendizaje por parte de los alumnos de procesos fundamentales en la Geología como pueden ser la erosión y la sedimentación. Además, la vistosidad de los relieves superficiales y subterráneos originados por procesos kársticos hace que este tema tenga potencial para ser muy atractivo para los alumnos.

Esta Unidad Didáctica se encuadra dentro de la materia de Geología del curso académico de 2º de Bachillerato. La asignatura de Geología forma parte de las asignaturas Troncales de Opción de 2º de Bachillerato de la modalidad de Ciencias y los alumnos que cursen esta asignatura buscan ampliar los conocimientos geológicos adquiridos en la Biología y Geología de 1º de Bachillerato.

1.2 Contexto educativo

Esta unidad didáctica se contextualiza en el centro escolar mixto Instituto Nuñez de Arce, en la ciudad de Valladolid. Es uno de los mayores centros educativos de Valladolid y además se trata de un instituto céntrico, a pocos minutos andando del Ayuntamiento, frente al Parque de Poniente. En él se imparten enseñanzas de ESO, Bachillerato y ciclos formativos de Administración y Gestión.

La procedencia de los alumnos y el nivel socioeconómico de las familias de éstos es muy diversa, al ser un instituto público de gran tamaño. Los alumnos no solo proceden de la ciudad de Valladolid sino que también hay alumnado de municipios cercanos. En general se trata de un centro exigente con los alumnos, donde se valora especialmente el esfuerzo y las altas calificaciones de éstos. Las familias de los alumnos del centro de manera generalizada buscan un entorno serio, de trabajo y dan gran importancia a las calificaciones de sus hijos.

El instituto cuenta con aulas con proyector y los docentes disponen de portátiles que pueden conectar a estos proyectores. Además, existen aulas de informática que pueden ser reservadas para cualquier materia. La asignatura de Geología (2º de Bachillerato) dispone de un laboratorio destinado a las asignaturas relacionadas con la Biología o la Geología. Este laboratorio dispone de una amplia colección de rocas y minerales.

2. NORMATIVA

La normativa vigente en la Comunidad Autónoma de Castilla y León que regula el Bachillerato está compuesta principalmente por las siguientes referencias legislativas:

LEY ORGÁNICA 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.

CORRECCIÓN de errores del Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.

REAL DECRETO 242/2009, de 27 de febrero, por el que se establecen convalidaciones entre las enseñanzas profesionales de Música y de Danza y la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, así como los efectos que sobre la materia de Educación Física deben tener la condición de deportista de alto nivel o alto rendimiento y las enseñanzas profesionales de Danza.

ORDEN EDU/2395/2009, de 9 de septiembre, por la que se regula la promoción de un curso incompleto del sistema educativo definido por la Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo, a otro de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

LEY ORGÁNICA 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa

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.

ORDEN EDU/2134/2008, de 10 de diciembre, por la que se regula la evaluación en Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

CORRECCIÓN de errores de la Orden EDU/1257/2008, de 9 de julio, por la que se ordenan y organizan las enseñanzas de Bachillerato en régimen nocturno en la Comunidad de Castilla y León.

ORDEN EDU/1257/2008, de 9 de julio, por la que se ordenan y organizan las enseñanzas de Bachillerato en régimen nocturno en la Comunidad de Castilla y León.

ORDEN EDU/1061/2008, de 19 de junio, por la que se regula la implantación y el desarrollo del Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

DECRETO 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

ORDEN EDU/1065/2013, de 18 de diciembre, por la que se crean los Premios de Investigación e Innovación en Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional en el ámbito de la Comunidad de Castilla y León. (Modificada por Orden EDU/13/2015, de 13 de enero).

ORDEN EDU/490/2014, de 10 de junio, relativa a la exención extraordinaria en materias de Bachillerato para el alumnado con necesidades educativas especiales.

ORDEN EDU/551/2012, de 9 de julio, por la que se regula la implantación y el desarrollo del Bachillerato de Investigación/Excelencia en la Comunidad de Castilla y León. (Modificada por Orden EDU/474/2013, de 14 de junio y por Orden EDU/431/2014, de 30 de mayo).

ORDEN EDU/888/2009, de 20 de abril, por la que se regula el procedimiento para garantizar el derecho del alumnado que cursa enseñanzas de educación secundaria obligatoria y de Bachillerato, en centros docentes de la Comunidad de Castilla y León, a que su dedicación, esfuerzo y rendimiento sean valorados y reconocidos con objetividad.

ORDEN de 3 de junio de 2002, de la Consejería de Educación y Cultura, por la que se regula la impartición del Bachillerato establecido por la Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo.

ORDEN de 5 de junio 2002, de la Consejería de Educación y Cultura, por la que ordena y organiza las enseñanzas de Bachillerato en régimen nocturno.

3. RELACIÓN CON EL CURRÍCULO OFICIAL

La materia de Geología (2º de Bachillerato) pretende afianzar y ampliar aquellos conocimientos relacionados con la Geología que el alumno ha adquirido en los anteriores cursos académicos. El objetivo de esta materia es que el alumno conozca y comprenda en el funcionamiento de la Tierra y los acontecimientos y procesos geológicos que en ella ocurren. Según 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, la materia de Geología (2º de Bachillerato) se agrupa en diez bloques:

1. “El planeta Tierra y su estudio”: plantea el conjunto de interrogantes a los que tiene que responder la Geología como ciencia experimental e histórica que trabaja a escalas espaciales y temporales de gran diversidad y amplitud.
2. “Minerales, los componentes de las rocas”: aborda el estudio de la composición de los minerales, su reconocimiento y los distintos ambientes de formación que determinan su estructura, composición química y propiedades.
3. “Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas”: estudia las características de las rocas y los criterios que se utilizan para su clasificación e identificación, profundizando en el proceso de formación de las rocas magmáticas, sedimentarias y metamórficas.
4. “La tectónica de placas, una teoría global”: se centra en el estudio de la teoría de la tectónica de placas como teoría integradora de los procesos geológicos internos, analizando las deformaciones de las rocas, el origen de los orógenos, el relieve del fondo marino y su papel en la historia de la Tierra.
5. “Procesos geológicos externos”: se estudia la interacción de la atmósfera, hidrosfera, biosfera y de la acción antrópica en la superficie de la Tierra y su papel en la formación de las formas de relieve.
6. “Tiempo geológico y Geología histórica”: se ocupa del estudio de los principios fundamentales de la Geología, de los métodos de datación, de la evolución biológica y geológica de la Tierra y de los cambios climáticos naturales a lo largo de la historia geológica y de los inducidos por la actividad humana.
7. “Riesgos geológicos”: se centra en el estudio de los riesgos derivados de procesos exógenos, endógenos y extraterrestres, se analizan sus causas y se valora la necesidad de llevar a cabo medidas de prevención y autoprotección.

8. “Recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas”: se definen y se clasifican los recursos naturales del planeta en función de su utilidad, teniendo en cuenta la gestión y protección ambiental como cuestión fundamental para cualquier explotación de recursos. Además se estudian las técnicas y etapas empleadas en la exploración, evaluación y explotación sostenible de los recursos.
9. “Geología de España”: a partir de la teoría de la tectónica de placas se aborda el estudio de los principales dominios geológicos de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, su evolución geológica y el conocimiento de la geología local relacionándola con la historia y dominios geológicos del planeta.
10. “Geología de campo”: analiza los instrumentos y técnicas básicas de la metodología científica y del trabajo de campo para poder realizar una práctica de campo de carácter local. Asimismo, se ocupa de la valoración del patrimonio geológico como bien de interés científico, socioeconómico y cultural.

El tema de los procesos kársticos, en los que se centra este trabajo, aparece de manera directa en el Bloque 5: “Procesos geológicos externos”, en el apartado “La litología y el relieve (relieve kárstico, granítico)”. Además, también puede ser importante que los alumnos conozcan los procesos kársticos a la hora de explicar el Bloque 7: “Riesgos geológicos”, debido a que el karst es un factor importante entre los riesgos geológicos.

4. OBJETIVOS DE ETAPA Y DE LA MATERIA

Es importante tener presentes los objetivos generales de esta etapa (Bachillerato), que vienen establecidos en el artículo 33 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de Mayo:

- a) Ejercer la ciudadanía democrática desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.
- b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.
- c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades existentes e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas con discapacidad.
- d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- e) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.
- f) Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.
- g) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- h) Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
- i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la

ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.

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

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

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

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

Los objetivos de la Geología de 2º de Bachillerato consisten en:

a) Comprender los principales conceptos de la Geología y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que éstos desempeñan en su desarrollo.

b) Resolver problemas que se planteen a los alumnos y alumnas en su vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos geológicos relevantes.

c) Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etc.) y los procedimientos propios de la Geología, para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para los alumnos y alumnas.

d) Comprender la naturaleza de la Geología y sus limitaciones, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.

e) Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia que les permita expresarse críticamente sobre problemas actuales relacionados con la Geología.

f) Comprender que el desarrollo de la Geología supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actitud abierta y flexible frente a opiniones diversas.

5. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Entre los principales objetivos de aprendizaje de esta Unidad Didáctica se puede destacar:

- a) Conocer algunos relieves singulares originados por el modelado kárstico.
- b) Entender el proceso de karstificación y las reacciones químicas que intervienen.
- c) Comprender la importancia paisajística que tienen los procesos kársticos y los patrones generales de evolución de paisajes kársticos.
- d) Diferenciar los distintos procesos de formación de la amplia variedad de formas exokársticas y endokársticas.
- e) Valorar la importancia que tiene el karst en los riesgos geológicos
- f) Conocer ejemplos de formaciones kársticas en Castilla y León.
- g) Promover actitudes de respeto y protección del patrimonio natural.

6. CONOCIMIENTOS PREVIOS

Un concepto fundamental para que se produzca un aprendizaje significativo en el alumnado es el de los conocimientos previos. Estos conocimientos previos permiten al alumno establecer una relación entre el material nuevo y las ideas previas, siendo estas relaciones las que facilitan que se produzca un aprendizaje no solo memorístico que asiente los nuevos conocimientos.

Es fundamental que el profesor tenga conocimiento de cuáles son las ideas previas del alumnado, de manera que pueda adaptar los contenidos de su materia a cada grupo de alumnos. Para detectar estas ideas previas, antes de empezar el tema se plantearán unas cuestiones que los alumnos deben contestar de manera oral y en común, permitiendo debatir a los alumnos sobre ellas. Estas cuestiones estarán relacionadas con contenidos de cursos pasados que puedan estar directa o indirectamente relacionados con los procesos kársticos.

1º ESO:

En Biología y Geología el “Bloque 2: La Tierra en el Universo” trata el tema de la hidrosfera y el alumno debe aprender las propiedades principales y el ciclo del agua en la naturaleza. Debido a que en el modelado kárstico el agua tiene un papel clave, conocer las propiedades y el ciclo del agua puede facilitar el aprendizaje.

2º ESO:

En Física y Química el “Bloque 2. La materia” da una base de formulación importante para entender las reacciones químicas involucradas en el modelado kárstico.

3º ESO

En Biología y Geología el “Bloque 2: El relieve terrestre y su evolución” trata los agentes geológicos externos y los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación además de las aguas subterráneas, su circulación y explotación. También se estudian las formas de erosión y depósito que originan y los factores que condicionan el modelado de paisajes característicos de Castilla y León, todos ellos temas muy relacionados con el modelado kárstico.

4º ESO

En Física y Química tanto el “Bloque 4: La materia” como el “Bloque 5: Los cambios” los alumnos aprenderán formulación y nomenclatura de compuestos inorgánicos y ecuaciones químicas y su ajuste, conocimientos esenciales para entender las reacciones químicas involucradas en la karstificación.

1º Bachillerato:

En Química, el “Bloque 3: Reacciones químicas” permite al alumno conocer más a fondo la formulación y nomenclatura de compuestos inorgánicos y saber ajustar las reacciones químicas.

En Biología y Geología en el “Bloque 8. Los procesos geológicos y petrogenéticos” se dan los procesos sedimentarios, lo que permite conocer las diversas rocas sedimentarias, muy relacionadas con el modelado kárstico.

7. CONTENIDOS

7.1 Modelado kárstico

El modelado kárstico está constituido por formas, paisajes y relieves característicos que resultan de la erosión, producida por la disolución que realiza el agua en rocas solubles, especialmente en calizas, dolomías o yesos.

El nombre de este tipo de modelado tiene su origen en la región italiana, croata y eslovena del Carso (*Karst* en alemán, *Kras* en esloveno) (Figura 1). En 1983, el geógrafo serbio Jovan Cvijić introdujo el término Karst en su libro *Das Karstphänomen*. Esta región, está constituida por mesetas de caliza que muestran un característico relieve. Es especialmente famosa por sus cuevas y fue declarada reserva de la biosfera desde el año 2004, reserva denominada “El Karst”. Sirve de referencia a nivel internacional como región kárstica.



Figura 1: Localización de la meseta del Kras. (Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Carso>)

7.2 Proceso de karstificación

El proceso de karstificación consiste en una meteorización que mezcla acciones químicas (disolución, hidratación, sustitución iónica y óxido-reducción) y acciones físicas (transferencia de masa y difusión). Se utiliza principalmente para referirse a la acción sobre minerales carbonáticos como son las calizas y las dolomías, aunque actualmente se incluyen también otros materiales en el proceso de karstificación:

- Sulfatos (yeso, anhidrita y epsomita)

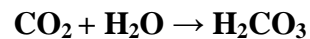
- Haluros (halita, silvina y carnalita)
- Rocas sedimentarias detríticas (areniscas y conglomerados calcáreos)
- Rocas metamórficas carbonatadas (mármoles)

Además, en materiales muy diferentes se pueden formar relieves similares a los producidos en la karstificación, que no pueden ser considerados como karst propiamente, pero que debido al parecido de estos relieves procederemos a mencionar:

- Pseudokarst en rocas volcánicas (tubos volcánicos).
- Pseudokarst en rocas plutónicas.
- Pseudokarst en rocas silíceas (cuarcitas karstificadas).
- Glaciokarst en hielo glaciario.
- Termokarst en permafrost.

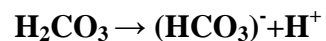
En el caso de la caliza (carbonato de calcio) la reacción se puede dividir en varias etapas:

1º) Acidificación del agua: El CO₂ atmosférico se disuelve en el agua, reaccionando con ésta para formar ácido carbónico:

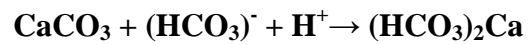


La disolución de CO₂ atmosférico en agua depende de la relación entre la superficie de intercambio y el volumen del agua. La temperatura del agua también influye sobre el CO₂ que se puede disolver, ya que el CO₂ es más soluble en agua fría y se desprende cuando se calienta.

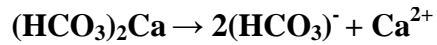
El ácido carbónico se disocia parcialmente formando ión bicarbonato, acidificando el agua:



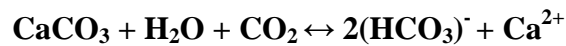
2º) El agua acidificada reacciona con el carbonato de calcio disolviéndolo: El carbonato de calcio, insoluble en agua, reacciona con el ión bicarbonato disuelto en el agua de lluvia. El carbonato de calcio se transforma en bicarbonato, que sí es soluble en agua. De esta manera el bicarbonato de calcio se disuelve en agua y puede ser transportado por ésta.



Además, se produce la disolución del bicarbonato de calcio en el agua.



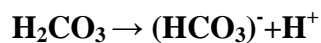
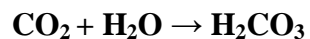
3º) Equilibrio de la reacción química: Estos procesos químicos anteriores se pueden resumir en el siguiente equilibrio simplificado:



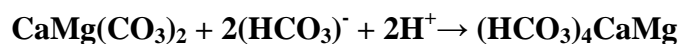
Cuando el equilibrio se desplaza a la derecha, el agua disuelve la caliza formando o agrandando grietas y fisuras. Cuando el equilibrio se desplaza a la izquierda, se vuelve a producir carbonato de calcio, formando estalactitas y estalagmitas, por ejemplo. Para que el proceso de disolución avance, son 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.

De manera similar, la reacción en el caso de las dolomías sería la siguiente:

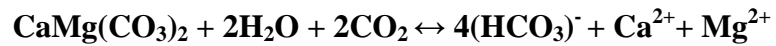
1º) Acidificación del agua:



2º) El agua acidificada reacciona con la dolomita disolviéndola:



3º) Equilibrio de la reacción química:



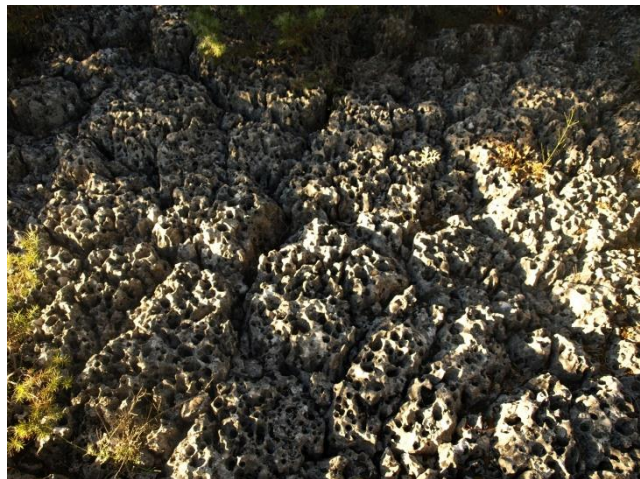
7.3 Fases de los procesos kársticos

Los procesos kársticos se desarrollan en varias fases fuertemente relacionadas con las etapas químicas anteriormente vistas:

a) **Fase erosiva:** La erosión es producida por la disolución del carbonato de calcio y ocurre tanto en la superficie del karst como en el interior de éste debido a la infiltración del agua a través de grietas, fisuras y cavidades de disolución. Esta infiltración del agua hace que los paisajes kársticos sean generalmente bastante áridos en su superficie. La erosión del karst produce:

- **Formas Exokársticas:** si se producen en la superficie; existen varias formas:

- **Lapiaces** ○
- lenares:**
- surcos ○
- cavidades
- separados
- por tabiques
- más o menos
- agudos



(Figura 2).

Figura 2: Lapiaz "El Riscal" en Valladolid.
(Fuente: <http://blogpedrajasnet.blogspot.com.es>)

Pueden ser

surcos desde unos pocos milímetros, microlapiaz, a varios metros. Estos surcos se forman principalmente por las aguas de escorrentía, que producen la disolución superficial formando los

surcos. Pueden presentar aspectos variados como son los canales, cuchillas, alveolos... Cuando se encuentra en pendientes, los surcos pueden tener cierta continuidad, en cuyo caso hablamos de lapiaces lineales. Si los surcos forman losas cuadradas se habla de mesas de lapiaz, mientras que si los surcos forman figuras más o menos circulares se habla de lapiaces alveolares.

- **Dolinas:** Depresiones cerradas de forma generalmente redondeada u ovalada con paredes planas o en embudo (Figura 3). Se forman por la disolución de la roca (dolina de disolución) o por el colapso de una cavidad kárstica (dolina de hundimiento). Además varias dolinas se pueden unir formando uvalas. Cuando las paredes son escarpadas y muy abruptas se



Figura 3: Torcas del Parque nacional Jaua-Sarisariñama en Venezuela.

(Fuente: www.es.wikipedia.org/wiki/Dolina)

denominan torcas, por el contrario, si tienen paredes más suaves y sin escarpes, hablamos de hoyas.

- **Poljés:** Se trata de una depresión en la roca kárstica que forma un valle alargado, cerrado y de fondo plano (Figura 4). Los bordes son empinados y formados por calizas. Por otro lado, el fondo llano del polje suele estar tapizado por arcilla. Además el

fondo suele estar recorrido total o parcialmente por corrientes de agua.



Figura 4: Polje en el municipio de Cabra, Córdoba. (Fuente: www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/)

- **Ponors:** apertura en la superficie del karst, a través de la cual una corriente superficial o lago fluye total o parcialmente hacia un sistema kárstico de agua subterránea (Figura 5).



Figura 5: Ponor del río Reka, Eslovenia. (Fuente: [www.en.wikipedia.org/wiki/Reka_\(river\)](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Reka_(river)))

- **Valles kársticos:** Zonas de erosión fluvial en áreas kársticas (Figura 6). Se caracterizan por tener un escurrimiento superficial limitado, pendientes fuertes y sumersión de las corrientes con la consecuente aparición de paredes terminales. Se pueden clasificar en cañones kársticos, valles ciegos, valles semiciegos, valles en forma de saco, valles en forma de saco con desembocadura ciega y valles secos.



Figura 6: Hoces del río Duratón, este cañón ha sido generado por procesos kársticos. (Fuente: <http://www.ctrduraton.com/entorno/>)

- **Formas Endokársticas:** si se producen en cavidades subterráneas. El agua ensancha las diaclasas y los planos de estratificación formando cuevas, galerías y conductos. La infiltración de agua se produce hasta encontrar roca impermeable y se mantiene a este nivel pudiendo encontrar una salida a la superficie llamada surgencia. El funcionamiento hidrológico permite diferenciar las partes de las cavidades subterráneas en:

- **Zona de aireación:** los conductos están rellenos de aire excepto en las ocasiones en que se produce una alimentación directa por las lluvias.
- **Zona epifreática o de fluctuación:** consiste en una zona intermedia que en ocasiones está sumergida y en otras actúa de zona de aireación.
- **Zona freática:** cavidades sumergidas en agua permanentemente y en las que se produce una karstificación activa.

Además según la configuración de los conductos podemos hablar de:

- **Sima:** Es una cavidad que se abre al exterior mediante un conducto vertical, comunicando la superficie con galerías subterráneas (Figura 7). Puede degenerar en una dolina.



Figura 7: Sima del Sótano de Las Golondrina, México. (Fuente: www.la-zona-muda.blogspot.com.es)

- **Galerías:** Conductos subterráneos horizontales.
- **Cuevas:** Se forma por ensanchamiento de los conductos horizontales. Si se encuentran por debajo del nivel freático pueden estar inundadas.

b) **Fase sedimentación:** Hay varios tipos de sedimentación kárstica, principalmente podemos hablar de:

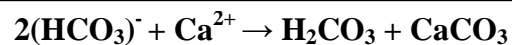
- **Arcillas de descalcificación:**

Al disolverse la caliza, las impurezas que contiene, quedan como un residuo de alteración formado por

arcillas rojas con óxidos de hierro y sílice. Reciben

este nombre debido a que se forman al descalcificarse la caliza, quedando estas arcillas “seltas”. Son transportadas también por el agua que, al evaporarse, deposita las arcillas, generalmente en las torcas, dolinas y poljes formando la llamada “terra rossa” (Figura 8). La “terra rossa” es típica de regiones mediterráneas y tiene una tonalidad rojiza característica debido a la presencia de óxido de hierro en las arcillas.

- **Precipitación de calizas:** Cuando el agua pierde CO₂ por evaporación o porque es retenido por organismos fotosintéticos acuáticos para realizar la fotosíntesis, la reacción se invierte, precipitando el carbonato cálcico:



Esto ocurre en cuevas y en las surgencias:

- **Precipitación de calizas en cuevas:** Cuando el agua de infiltración alcanza una caverna llena de aire, se descarga el CO₂, lo que altera la capacidad del agua para mantener la disolución precipitando el carbonato cálcico. Este proceso durante decenas de miles de años genera diversas formas llamadas **espeleotemas**.



Figura 8: Arcillas de descalcificación, en la sierra de la Cabrera, Madrid. (Fuente: www.cuartodechismes.blogspot.com.es)

- **Estalactita:** Tiene forma cónica y cuelga del techo de las cuevas. Comienza a crearse a partir de una gota de agua mineralizada, que cuando cae deja calcita precipitada. Continuas gotas forman un estrecho tubo por el cual siguen cayendo gotas. Además por la parte externa de este tubo pueden caer más gotas formando varias capas de calcita que van engrosando la estalactita adquiriendo la típica forma cónica. Existen algunas variedades:
- **Macarrón** (variedad de estalactita): estalactita tubular y hueca (Figura 9). Su crecimiento puede dar una estalactita clásica.



Figura 9: Macarrones de la Cueva de la Catedral, León. (Fuente: www.rutascistierna.blogspot.com.es)

- **Piña o estalactita bulbosa** (variedad de estalactita): se forma cuando el extremo de la estalactita se sumerge en un lago y es rodeado de cristales de calcita (Figura 10).



Figura 10: Piñas de la Cueva de Nerja. (Fuente: www.cuevadenerja.es)

- **Estalactita deflectada** (variedad de estalactita): su origen puede estar en las corrientes de aire que hacen que la estalactita crezca con cierta curvatura.
- **Disco, escudo o plato:** se forma cuando a través de una grieta de la roca sale agua con una cierta presión y precipita el carbonato a partir de los bordes de la grieta adquiriendo forma de disco en cada uno de los lados de la grieta (Figura 11).



Figura 11: Disco en la Cueva de Domica, Eslovaquia. (Fuente: [www.es.wikipedia.org/wiki/Disco_\(espeleología\)](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Disco_(espeleología)))

- **Paracaídas** (variedad de disco): disco cuya base aparece decorada con estalactitas y que le dan al conjunto aspecto de paracaídas (Figura 12).



Figura 12: Paracaídas en el Parque nacional de la Gran Cuenca, Nevada.

(Fuente: [www.es.wikipedia.org/wiki/Disco_\(espeleología\)](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Disco_(espeleología)))

- **Ubre, nabo o remolacha** (variedad de estalactita): se sospecha que su origen puede estar en la unión de un disco con una estalactita (Figura 13).

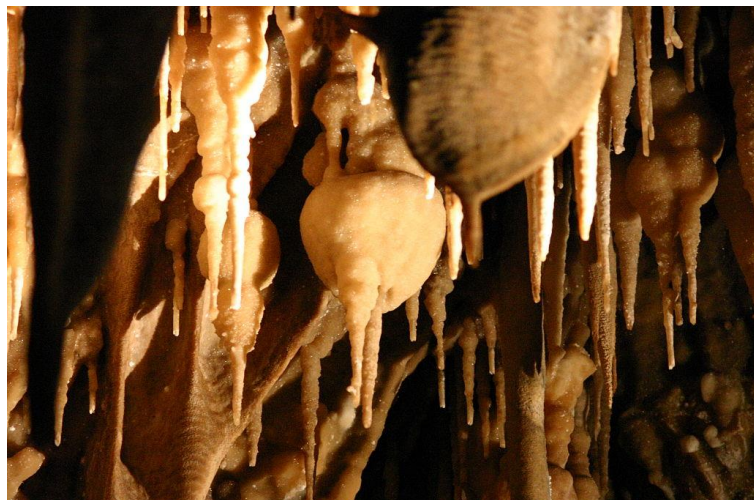


Figura 13: Ubre en el Parque nacional de la Gran Cuenca, Nevada (Fuente: www.es.wikipedia.org/wiki/Estalactita)

- **Estalagmita:** se forma en el suelo de la cueva y típicamente tiene su origen en el goteo de agua desde el techo o desde una estalactita. No poseen un canal central y son generalmente de mayor tamaño que las estalactitas (Figura 14).



Figura 14: Estalagmitas en el Parque nacional de las Cavernas de Carlsbad, Nuevo México. (Fuente: www.britannica.com)

- **Columna:** resulta de la unión de una estalactita con una estalagmita generadas por el mismo aporte de agua (Figura 15). Estas columnas no tienen una función estructural en las cavidades aunque puede llegar a contribuir a su estabilidad.



Figura 15: Columna de la Cueva de Valporquero, León. (Fuente: www.blogueiros.axena.org)

- **Gours:** tienen forma de diques que se forman sobre una pendiente por la que circula un flujo laminar de agua. Para su formación se requiere cierta pendiente, un flujo laminar de agua y ciertas irregularidades en el lecho por el que circula la lámina de agua. Estas condiciones generan los represamientos escalonados que forman los Gours (Figura 16).



Figura 16: Gours en "Grotta del Fico", Cerdeña. (Fuente: www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas)

- **Excéntrica:** Crece sobre el techo, paredes u otros espeleotemas. Posee un canal central muy estrecho a través del cual el agua circula por capilaridad (Figura 17).



Figura 17: Excéntrica en Daren Cilau, Gales. (Fuente: www.geograph.org.uk)

- **Colada:** Se produce cuando el agua presenta un flujo laminar sobre una superficie, facilitando la pérdida de CO₂, formando depósitos en capas (Figura 18).



Figura 18: Colada en la Cueva de Nerja, Málaga. (Fuente: www.cuevadenerja.es)

- **Falso suelo** (variedad de colada): se genera cuando una colada se forma sobre sedimentos blandos que posteriormente son lavados quedando la colada “colgada” sobre el suelo (Figura 19).



Figura 19: Falso suelo en la Cueva de Nerja, Málaga. (Fuente: www.cuevadenerja.es)

- **Coraloide:** espeleotema nodular o globular. De tamaño muy variable tiene un crecimiento concéntrico (Figura 20).



Figura 20: Coraloides en la Cueva de Ali-Sadr, Irán (Fuente: www.es.wikipedia.org/wiki/Coraloide)

- **Banderola:** tiene forma ondulada y cuelga desde el techo o las paredes (Figura 21). Las banderolas son delgadas, translúcidas y coloreadas en bandas paralelas.

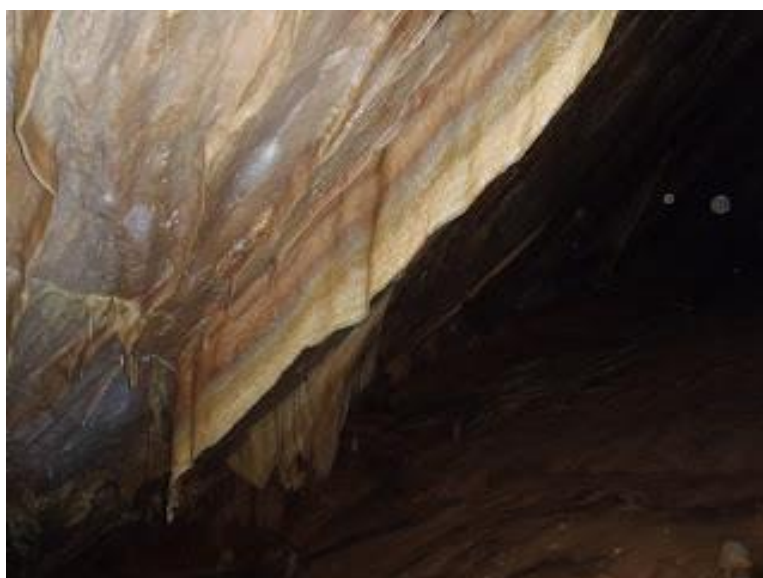


Figura 21: Banderola en Cueva de Traslacosta, Lugo (Fuente: www.enterramientos.blogspot.com.es)

- **Moonmilk:** formado por agregados de sustancias microcristalinas de composición variable. Es una sustancia blanca con aspecto cremoso (Figura 22).



Figura 22: Moonmilk en Charlottenhöhle, Alemania. (Fuente: www.showcaves.com)

- **Precipitación de calizas en surgencias:** Se produce en las salidas de aguas subterráneas a la superficie (surgencias). El agua al salir a la superficie pierde CO_2 debido a las turbulencias o debido a la acción biológica, lo que hace que precipite el carbonato cálcico en forma de cristales de calcita. Los cristales se depositan en forma de corteza calcárea sobre vegetales y, al morir, dejan el negativo del vegetal en la roca que le da la porosidad característica. A estas rocas se las conoce como tobas calcáreas (Figura 23).



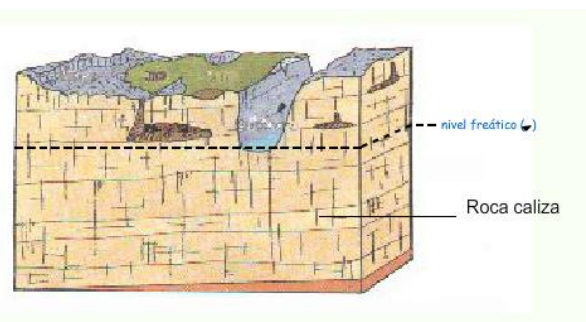
Figura 23: Tobas calcáreas en el lago Mono, California. (Fuente: www.lapizarradeyuri.com)

- c) **Fase clástica:** Esta es la etapa final del relieve. A medida que aumenta la fase erosiva del karst, se producen hundimientos en los techos de las cuevas y galerías, formándose torcas de hundimiento que poco a poco van uniéndose entre sí. Cuando se alcanza un desmoronamiento masivo del macizo calizo, se forma un paisaje de aspecto ruinoso por lo que se denomina paisaje ruiforme.

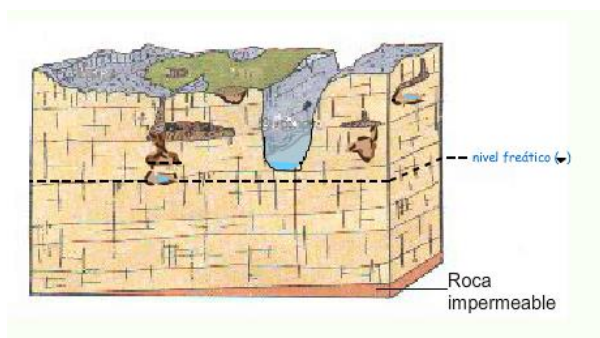
7.4 Evolución del paisaje kárstico

Los paisajes kársticos evolucionan con las variaciones del nivel freático conduciendo al desmantelamiento del macizo calcáreo. Estos paisajes son modelados mediante los procesos de erosión y sedimentación kárstica, hasta llegar a una fase clástica. En este procesos tiene un papel clave el agua y por tanto el nivel freático. A continuación se muestra un modelo de evolución de paisaje kárstico.

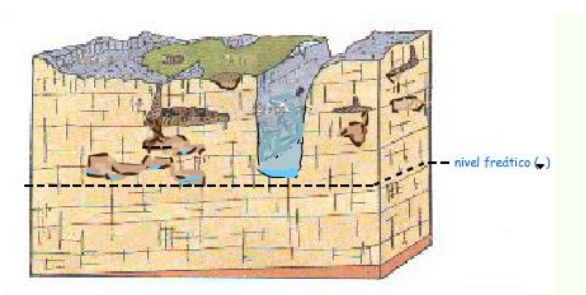
1)



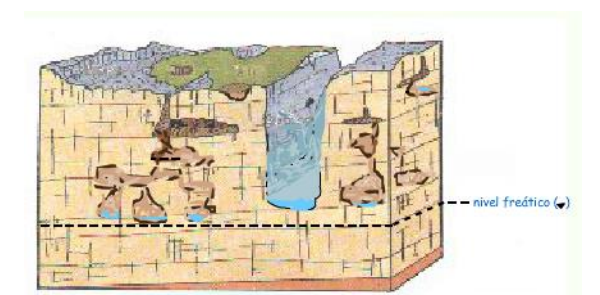
2)



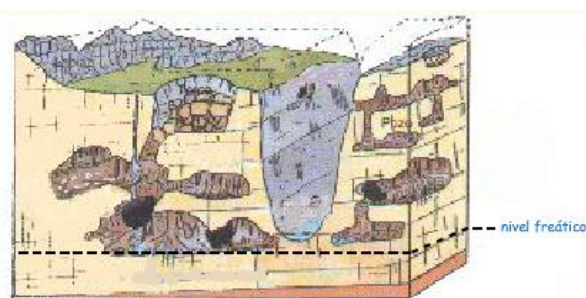
3)



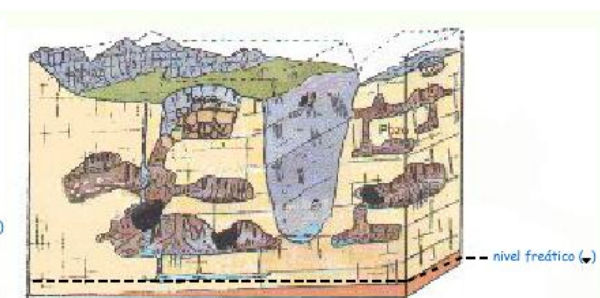
4)



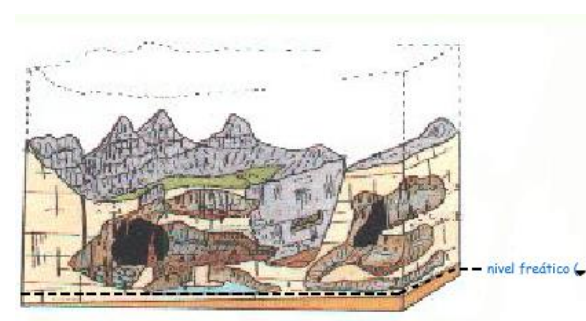
5)



6)



7)



8)

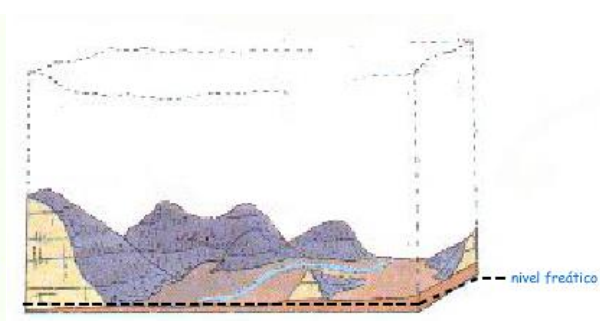


Figura 24: Esquema de la evolución del paisaje kárstico asociado a un descenso del nivel freático. (Fuente: www.recursostic.educacion.es)

Como se puede observar en el esquema (Figura 24), en 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 (Figura 24) este proceso genera nuevas galerías, cuevas y simas creando una red subterránea por donde circula el agua. En las ilustraciones 5-7 (Figura 24) se aprecia como en la red de galerías subterráneas se inicia el hundimiento de techos de cuevas y galerías. Finalmente en la ilustración 8 (Figura 24) se aprecia como la erosión ha rebajado el nivel de todo el macizo calizo, pudiendo quedar al descubierto las formaciones kársticas internas.

7.5 Tipología del karst

La importancia sobre los procesos de karstificación, tanto de la pluviosidad como del régimen térmico, hace que el ambiente climático sea una variable clave en estos procesos. Por ello se puede clasificar el karst en función de su región climática:

- **Karst tropical:** se utiliza para referirse a las regiones húmeda-cálidas y no a las tropicales secas. Poseen gran actividad biológica en el subsuelo, lo que provoca una alta acidificación subcutánea, además existe gran provisión de agua en la superficie.
- **Karst frío:** sus aguas son bastante agresivas debido a la alta tasa de disolución del CO₂ en el agua a bajas temperaturas. Además existe una escasa fase de sedimentación debido a la dificultad de saturación.
- **Karst templado:** es un punto medio entre los dos anteriores, con niveles de saturación variables y agresividad intermedia. Esto genera una alta variedad de formas exo y endokársticas.
- **En zonas áridas,** ya sean cálidas o frías, la falta de agua ralentiza los procesos de karstificación.

Los procesos de karstificación suelen iniciarse sobre macizos que afloran en el terreno, aunque en ocasiones se pueden formar karsts bajo formaciones no karstificables siempre que éstas sean suficientemente permeables, denominándose a este tipo **karst cubierto**.

Además si un karst deja de ser funcional y queda cubierto por sedimentos más recientes pasa a integrar el registro geológico. Este tipo de karst se denomina **paleokarst**.

7.6 Riesgos asociados al Karst

El estudio del karst tiene una importancia clave a la hora de estudiar los riesgos geológicos. Estos riesgos se encuentran asociados a materiales como los carbonatos o los yesos y por lo general es el agua el agente desencadenante, pudiendo tener impactos catastróficos en las construcciones que se asientan sobre estos materiales. Los riesgos asociados a las regiones kársticas (Tabla 1) se pueden dividir en:

- 1) **Riesgos geomecánicos:** Son los más importantes. Destacan:
 - a) Subsistencia: Descenso lento del suelo, que puede acelerarse debido a la acción humana.
 - b) Hundimientos: Movimientos bruscos del suelo que ocurren a alta velocidad. Puede tener consecuencias muy graves sobre las construcciones.
- 2) **Riesgos hidrogeológicos:** Destacan principalmente:
 - a) Inundaciones de poljes: las inundaciones de estas estructuras se producen de abajo hacia arriba.
 - b) Fugas de presas: Producidas en presas construidas en terrenos kársticos.
 - c) Contaminación de acuíferos kársticos: Causado por vertederos mal ubicados o vertidos incontrolados. Este riesgo es importante debido al alto porcentaje de población que se abastece de los acuíferos kársticos.

Tabla 1: Riesgos asociados a la dinámica y morfología kárstica. (Fuente: Riesgos geológicos. IGME.)

Riesgos	Factores		Materiales		
	Naturales	Antrópicos	Carbonatos		Yesos y otras sales
			Karst desnudo	Karst cubierto	
Generaciones de nuevas dolinas.	Hidrogeológicos	Presas.	Escaso.	Frecuente.	Frecuente.

Colapso de bóvedas de cavidades.	Terremotos.	Vibraciones (voladuras).	Escaso.	Frecuente.	Frecuente.
Subsidencia de suelos: Kársticos (rellenos de lapiaz, fondo de dolinas).	Compactación, lixiviado.		Frecuente.	Frecuente.	Frecuente.
Desestabilización de rellenos paleokársticos.	Hidrogeológicos	Regadíos: presas importantes.	Frecuente.	Frecuente.	Frecuente.
Desestabilización de laderas.	Disolución en el pie del talud.		Muy escaso.	Muy escaso.	Escaso.
Inundaciones (poljes y valles secos).	Funcionamiento característico de los sistemas hidrogeológicos kársticos (gran heterogeneidad, alta transmisividad direccional, rápida respuesta, escaso poder depurador y regulador.	Taponamientos de poros.	Escaso.		Muy escaso.
Fugas en presas.		Reactivación de sistemas.	Frecuente.		Escaso.
Irrupciones acuíferas subterráneas (minas, túneles).		Modificaciones de la geometría subterránea.	Frecuente.		Muy escaso.
“Erupciones” de agua y/o aire.		Cierre de las “vías” naturales.	Muy escaso.		Muy escaso.
Contaminación de acuíferos kársticos.		Vertederos, redes de saneamiento...	Muy frecuente.		Muy escaso.
Contaminación “hidroquímica” (manantiales kársticos salinos).		Construcción de embalses en karst salinos.	Frecuente.		Frecuente.

Intrusión salina en karst costero.		Sobreexplotación.	Escaso.	Escaso.
Generación de terremotos (colapso de bóvedas, cambios hidrogeológicos)		Vibraciones, llenado de embalses.	Muy escaso.	Muy escaso.
Presencia y acumulaciones de gases nocivos en cavidades.	CO ₂ natural.	Instalación de vertederos en zonas.	Muy escaso.	
Altas concentraciones radioactivas en la atmósfera subterránea.	Radón natural.		Escaso.	

7.7 Procesos kársticos en Castilla y León

Las principales regiones kársticas en Castilla y León son: la Cornisa Cantábrica, la Cordillera Ibérica, la Depresión del Duero y el Macizo Hespérico.

En la Cordillera Cantábrica destaca el karst de Picos de Europa, con calizas carboníferas de 1000m de profundidad. En el borde meridional de esta cordillera encontramos importantes regiones kársticas como en el norte de León (Cueva de Valporquero y Hoces de Vegacervera) y en el norte de Burgos (Complejo de Ojo Guareña). También hay que destacar el páramo de La Lora en Burgos y los sedimentos calcáreos entre Alto Campóo y Miranda de Ebro.

En depresiones de la Cordillera Ibérica se pueden encontrar karst en yesos y karst en sales de manera puntual.

En la depresión del Duero se encuentran extensas formaciones evaporíticas horizontales o subhorizontales con abundante desarrollo del fenómeno kárstico. También hay afloramientos

carbonatados en el norte del Sistema Central destacando el Cañón del río Duratón, en Segovia. En la región de enlace de la depresión del Duero con la del Ebro se desarrollan conglomerados carbonatados paleógenos en rocas detríticas.

- **La Cordillera Cantábrica:** Los Picos de Europa son la mayor formación de caliza de la Europa Atlántica. En Castilla y León encontramos el Parque Regional de los Picos de Europa, ubicado en el noroeste de la provincia de León, lindando con las provincias de Cantabria y Asturias. Esta mole de caliza, tiene su origen en una gran acumulación de sedimentos de materiales carbonatados que posteriormente fueron elevados durante la Orogenia Alpina. También encontramos pizarras, cuarcitas, areniscas y conglomerados. Los procesos kársticos han creado en los materiales calcáreos dolinas, sumideros y poljés... Destacamos los siguientes parajes de los Picos de Europa en la comunidad autónoma de Castilla y León:

- **Desfiladero del Cares:** este desfiladero ha sido formado principalmente por la dinámica fluvial y la karstificación (Figura 25). Tienen gran importancia los caudales kársticos y diversas surgencias de gran tamaño.



Figura 25: Desfiladero del Cares entre Asturias y Castilla y León. (Fuente: www.panoramio.com)

- **Jou del Traslambrión:** consiste en una gran depresión glaciokárstica, aunque su morfología actual se debe principalmente a la acción del hielo glaciar (Figura 26).



Figura 26: Jou de Traslambrión, León. (Fuente: www.msalvads.blogspot.com.es)

- **Morfología glaciokárstica de la Vega de Liordes:** su formación es consecuencia de la acción combinada de la karstificación, la erosión fluvial y torrencial, la dinámica de laderas, los glaciares cuaternarios y los procesos periglaciares o nivoperiglaciares. Aunque el modelado kárstico retocado por la acción de las masas de hielo durante el Pleistoceno ha sido el principal generador de esta vega (Figura 27).

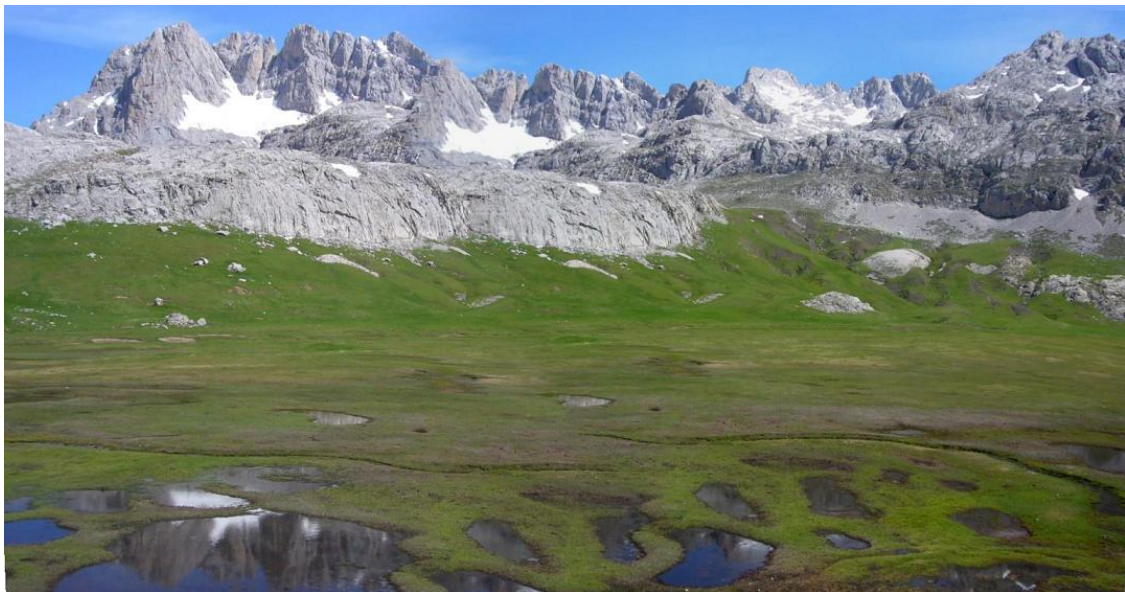


Figura 27: Vega de Liordes en León. (Fuente: www.lifetremedal.eu)

Otros parajes en la Cordillera Cantábrica:

- **Cueva de Valporquero:** Esta cueva es una de las cavidades de mayores dimensiones de Castilla y León (Figura 28). Posee dos sectores claramente diferenciados: la parte superior (formado por las siguientes salas: Pequeñas Maravillas, Gran Rotonda, Maravillas, Hadas) presenta un avanzado proceso de sedimentación con una gran variedad de espeleotemas y galerías. En la parte inferior predominan los procesos erosivos debido a la presencia de cursos de agua durante todo el año, aunque con oscilaciones importantes.



Figura 28: Cueva de Valporquero en León. (Fuente: www.cuevadevalporquero.es)

- **Hoces de Vegacervera:** Se trata de un excelente ejemplo de garganta fluvial labrada en las calizas paleozoicas donde se pueden observar procesos de erosión activa y la presencia de aguas subterráneas ligadas a la karstificación del macizo montañoso (Figura 29).



Figura 29: Hoces de Vegacervera, León. (Fuente: www.turisleon.com)

Existen numerosas cavidades y simas originadas por la karstificación como son las simas de El Silencio, La Grail y El Cascabel y cavidades como El Rubio, El Balcón o el Pozo del Infierno. Además, las zonas superiores de las Hoces son dos campos de dolinas.

- **Complejo de Ojo Guareña:** El Monumento Natural de Ojo Guareña está situado en el norte de la provincia de Burgos y se trata de un complejo kárstico formado por más de 100km de galerías (Figura 30). Este karst se ha desarrollado en materiales carbonatados del Cretácico superior. Los procesos kársticos son producidos por la acción de los ríos Guareña, Trema y el arroyo de Villamartín. Entre las formaciones kársticas más importantes encontramos cueva Covaneria, cueva Cornejo, las Diaclasas, sima de Dolencias, cueva de San Bernabé, sumidero del río Guareña, sima de los Huesos, cueva de Kaite, cueva Kubía, cueva de la Mina, cueva del Moro, cueva Palomera, sima Rizuelos, sima de Jaime, resurgencia el Torcón, resurgencia La Torcona, sumideros del Trema, último sumidero del Trema y sima Villallana.



Figura 30: Complejo kárstico de Ojo Guareña, Burgos.
(Fuente: www.cuevasturisticas.es)

- **La depresión del Duero:** Se dan los procesos de karstificación principalmente en cerros y páramos. Además se puede destacar la Cueva de Román en Peñalba de Castro, de 2,5 km de desarrollo. Entre la cordillera Cantábrica y la cuenca del Duero también se pueden encontrar los Páramos de La Lora, Las Tuerces y el Cañón de la Horadada (Figura 31).



Figura 31: A la izquierda Las Tuerces, Palencia (Fuente: www.torresquevedo.org) y a la derecha Cueva de Román, Burgos. (Fuente: www.cluniasulpicia.org)

- **Cordillera Ibérica:** Bastante numerosas las formaciones kársticas en la provincia de Teruel, pero en la parte de Castilla y León son escasas. En la provincia de Soria destaca el karst de la Sierra de Cabrejas que constituye una meseta de bajo grado de karstificación superficial (Figura 32).



Figura 32: Sierra de Cabrejas, Soria. (Fuente: www.panoramio.com)

-Sistema Central: Destaca principalmente el **Cañón del río Duratón** (Figura 33), en el que la mayor parte de los procesos kársticos son endokársticos aunque se encuentran también algunas formas exokársticas, como son los lapiaces y las dolinas en la paramera.



Figura 33: Hoces del río Duratón, Segovia. (Fuente: www.vuelaviajes.com)

8. METODOLOGÍA

De manera general se buscará que se produzca un aprendizaje significativo en el alumno, por lo que se fomentará que éste conecte la nueva información con conceptos relevantes preexistentes. Por ello, como se ha expuesto anteriormente, tendrá una importancia clave conocer los conocimientos previos del alumno, para partir siempre del nivel de desarrollo de los mismos.

En todo momento se intentará desarrollar la motivación del alumno por la materia, intentando asociarla con los intereses personales de los alumnos, buscando acercar la Geología a sus actividades cotidianas y buscando contextos significativos para los alumnos. Para que el aprendizaje sea en la medida de lo posible funcional se debe facilitar la aplicación y transferencia de lo aprendido a la vida real.

Además, es necesario que la docencia se produzca en un clima de confianza y cercanía con los alumnos. Para ello, se buscará siempre una comunicación fluida entre alumnos y profesor. También, se tenderá a fomentar el buen ambiente en el aula, garantizando siempre el respeto y colaboración entre los alumnos, premiando el docente estas actitudes. Este clima de seguridad y aprecio es muy positivo para facilitar el aprendizaje, interés y motivación del alumnado.

Otra clave metodológica será el uso del aprendizaje colaborativo, donde se fomente el trabajo en equipo y la autonomía del alumno, aprendiendo a aprender. De esta manera se propondrá a los alumnos un trabajo en grupo, en el que el docente supervisará a los alumnos y les facilitará métodos de búsqueda de recursos, garantizando que se alcanzan los objetivos deseados. Debido a que los alumnos están en 2º de Bachillerato, es fundamental garantizar que utilizan todo el potencial de las TIC y en especial de internet. Para ello, se buscará que los alumnos desarrollen un entorno personal de aprendizaje (PLE) adecuado y útil, que permita hacer un uso más efectivo de la red aprovechando todo su potencial.

Finalmente, la acción educativa atenderá la orientación académica y profesional, lo que ayudará al alumno a ir tomando decisiones para construir su propio futuro educativo. Esto es de vital importancia en esta etapa, donde los alumnos se verán obligados a tomar decisiones esenciales, que posiblemente tendrán un gran impacto en el resto de sus vidas.

9. ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE









- a) **Actividades de verificación de conocimientos previos y motivación:** Estas actividades permiten al docente conocer las ideas previas de los alumnos, además de ser un primer contacto con la temática para ellos. Por ello, estas actividades deben resultar atractivas con el objetivo de motivar y captar el interés de los alumnos.

Actividad 1 - Preguntas Iniciales: Se trata de una actividad colectiva en la que el profesor preguntará de manera oral a toda la clase simultáneamente acerca de conceptos importantes que los alumnos podrían conocer de cursos pasados. El objetivo no es que los alumnos contesten correctamente, sino conocer las ideas previas de los alumnos incluidas aquellas que sean erróneas o incompletas. Para ello el docente favorecerá que los alumnos debatan entre ellos antes de contestar, estando pendiente de las reflexiones realizadas por éstos. No es necesario que el profesor corrija a los alumnos en este momento, pero sí que tome nota de los errores conceptuales para poder hacer especial hincapié y solucionarlos durante las explicaciones de la unidad.

Actividad 1 - Preguntas Iniciales

- a. ¿En qué consiste la erosión? ¿Y la sedimentación?
- b. En Geología, ¿qué se entiende por relieve? ¿Qué agentes naturales pueden modificar el relieve?
- c. ¿Cuál es el proceso de formación de una roca sedimentaria?
- d. Nombra los siguientes compuestos:
 - H_2CO_3
 - HCO_3^-
 - Ca^{2+}
 - CaCO_3
 - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- e. ¿Qué entiendes por karst?

Actividad 2 - Imágenes de formaciones kársticas: En esta actividad se irán mostrando en el proyector imágenes de diferentes formas kársticas visualmente atractivas. Además se dividirá a la clase en parejas, y por turnos tocará a cada pareja intentar explicar el proceso por el que se han formado esas estructuras kársticas. De nuevo, el objetivo de esto no es que los alumnos respondan correctamente, sino detectar errores conceptuales. Otro de los objetivos es que la vistosidad de las formas motiven a los alumnos a querer entender el proceso por el que se forman.

Actividad 2 – Imágenes de Formaciones Kársticas	
	
	
	
	

- b) **Actividades de desarrollo:** El objetivo de estas actividades es que se produzca un aprendizaje significativo por parte del alumnado acerca del modelado kárstico.

Actividad 3 - Presentación en grupos: Se realizarán grupos de 2-4 alumnos y a cada grupo se le asignará una formación kárstica diferente. Cada grupo tendrá que exponer al resto de la clase, en forma de presentación, el proceso de formación concreto de la forma que se les ha asignado, además de toda la información complementaria que crean adecuada añadir acerca de esa formación kárstica. El profesor supervisará la evolución y funcionamiento de los grupos, aconsejándoles y corrigiendo conceptos erróneos. Además les facilitará recursos útiles y promoverá el uso por parte de los alumnos de un entorno personal de aprendizaje (PLE), que puedan compartir con los componentes de su grupo y los demás grupos. El principal objetivo de esta actividad será fomentar el trabajo en equipo, desarrollar su capacidad de aprendizaje autónomo y el uso de las TICs.

Actividad 4 - Concurso de Fotografía: Los alumnos deberán entregar una fotografía que ellos mismos realicen, donde la temática sea el karst. Será obligatorio que la fotografía esté relacionada con los procesos kársticos. Las fotografías se podrán realizar con cualquier dispositivo del que disponga el alumno, incluidos teléfonos móviles. El objetivo de este concurso es que los alumnos localicen formaciones kársticas cercanas a su localidad, haciéndoles, en el proceso, más conscientes de su entorno y del patrimonio geológico de la región. Posteriormente con las fotografías de todos los alumnos se realizará una exposición en el propio centro educativo. En el caso de que algún alumno tenga dificultades para encontrar formaciones kársticas en la provincia de Valladolid, en última instancia el docente podrá proporcionarles localizaciones, como puede ser el lapiaz cercano a Santiago del Arroyo conocido como el Riscal.

Actividad 5 – Salida Didáctica “Hoces de Vegacervera y Cueva de Valporquero” (ANEXO 1).

- c) **Actividades de refuerzo y repaso:** El objetivo de estas actividades es ayudar a aquellos alumnos que presenten algunas dificultades de aprendizaje o a aquellos que quieran afianzar los contenidos.

Actividad 6 – Visionado de documental: Se proyectará en clase un documental sobre el modelado kárstico. Durante la proyección, los alumnos tendrán que contestar a un cuestionario relacionado con el documental. El objetivo del visionado de este documental es repasar el modelado kárstico con ejemplos de la Península Ibérica, algunos de ellos de Castilla y León.

<u>Actividad 6 – Ficha Técnica del Documental</u>	
Título:	El Modelado Kárstico
Idioma:	Español
Duración:	20 min.
Signatura:	VI01989
Fecha de producción:	01/01/1990
Resumen:	Proceso de formación, elementos y formas del relieve kárstico, sobre todo debido a las características de la roca caliza y su reacción al entrar en contacto con ciertas sustancias químicas. Se dan ejemplos de este paisaje en la Península Ibérica: Cuenca, Soria, Ávila. Interviene Pilar González Yanci.
Colección:	Centro de Diseño y Producción de Medios Audiovisuales, UNED
País de producción:	España
Realización:	Bernardo Gómez García
Guion:	Pilar González Yanci
Producción:	Javier Suárez de Tangil
Productora:	UNED Sección de Difusión y Distribución de la UNED C/ Bravo Murillo, 38 28015 Madrid Tlno: 91 398 74 57 - 91 398 74 58 E-mail: libreria@adm.uned.es

Actividad 6 – Cuestionario “El Modelado Kárstico”

1. ¿Qué características tiene la roca caliza?
2. ¿De dónde proviene el nombre “kárstico”?
3. ¿Cómo es la circulación del agua en las regiones kársticas?
4. ¿Por qué la acción del agua es doble en el proceso de karstificación?
5. ¿De qué zona es típico el Karst de Mogotes?
6. ¿Qué tipo de dolinas se pueden encontrar?
7. ¿Cuáles son las características de un cañón?
8. ¿Qué factor tiene un papel fundamental en el modelado kárstico?

Actividad 7 – Animaciones sobre el modelado kárstico (atención a la diversidad): El objetivo de esta actividad (www.es.tiching.com/karst/recurso-educativo/15635) electrónica es reforzar de manera muy esquemática y visual los conceptos más importantes sobre el modelado kárstico (Figura 34).

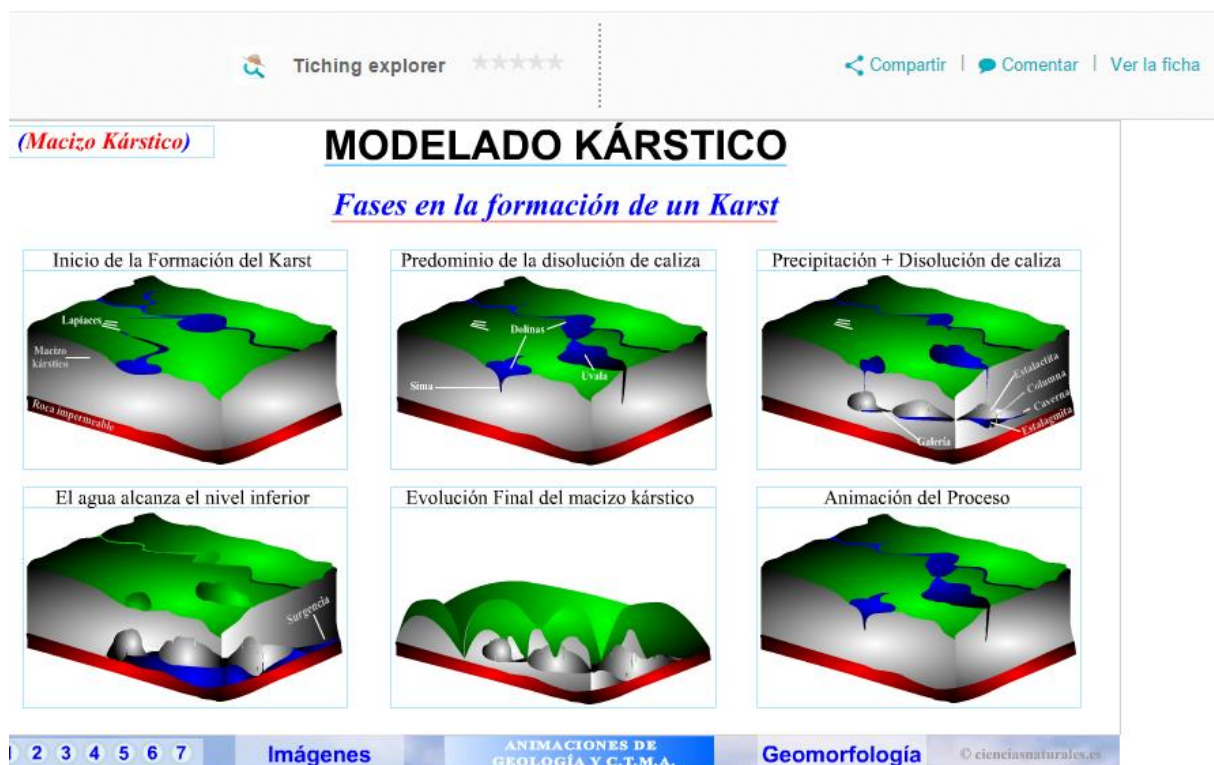


Figura 34: Captura de pantalla de la animación sobre el modelado kárstico de la actividad 7. (Fuente: www.es.tiching.com/karst/recurso-educativo/15635)

d) Actividades de ampliación y profundización:

Actividad 8 - Viaje virtual por los Pirineos: El objetivo de esta actividad es que los alumnos puedan visitar formas kársticas de la zona de Linza y el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (www.catedu.es/geografos/) a través de cualquier dispositivo con acceso a internet. También, les servirá para repasar las principales formas kársticas a través de fotografías de casos reales (Figura 35).

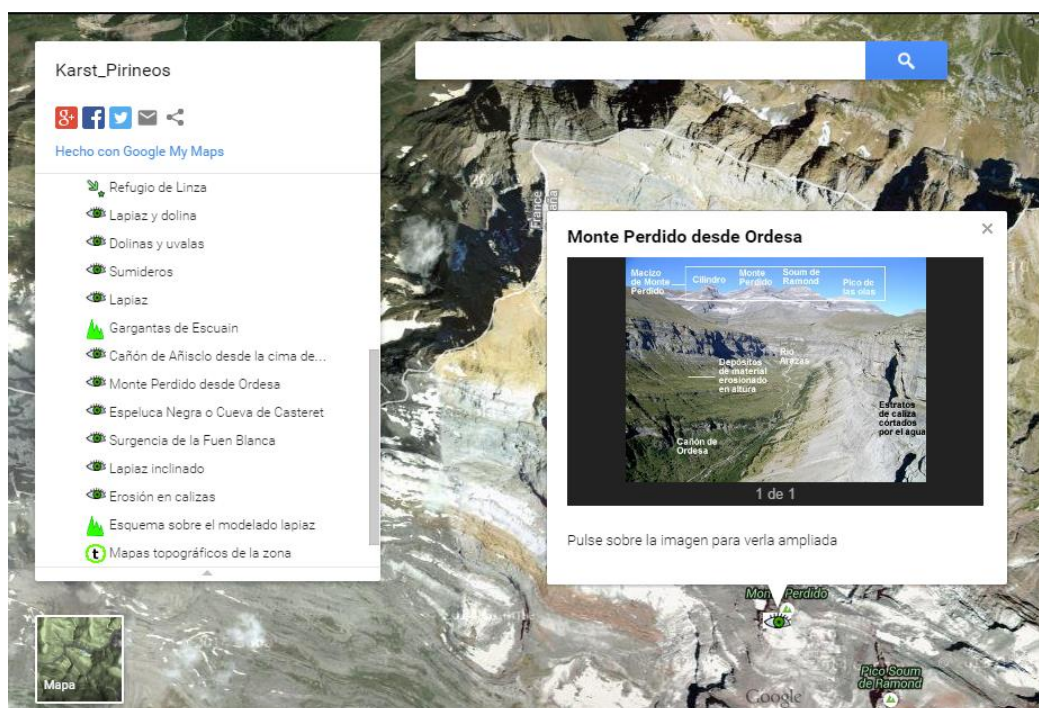


Figura 35: Captura de pantalla del viaje virtual por los Pirineos de la actividad 8. (Fuente: www.catedu.es/geografos/index.php?option=com_content&view=article&id=628:el-modelado-karstico-un-viaje-virtual-por-los-pirineos&catid=16:material-complementario&Itemid=169)

Actividad 9 - Mapa del Karst de España y SIG (atención a la diversidad): En esta actividad se facilita al alumno el acceso informático al Mapa del Karst de España (www.mapas.igme.es) que le permitirá conocer en profundidad la localización de las diferentes litologías karstificables y algunas formas kársticas de España (Figura 36). También se les dará acceso a sistemas de información geográfica (SIG) que les permita modificar el Mapa del Karst de España con el

objetivo final de obtener un mapa del karst solo de Castilla y León. Esta actividad es compleja y se irán estableciendo objetivos intermedios según la motivación e interés del alumno, sin ser necesario que se alcance el objetivo final. Para esta actividad se pueden utilizar plataformas SIG libres como Kosmo (www.opensig.es) o de pago como ArcGIS (www.arcgis.com), dependiendo de los recursos disponibles del centro educativo.

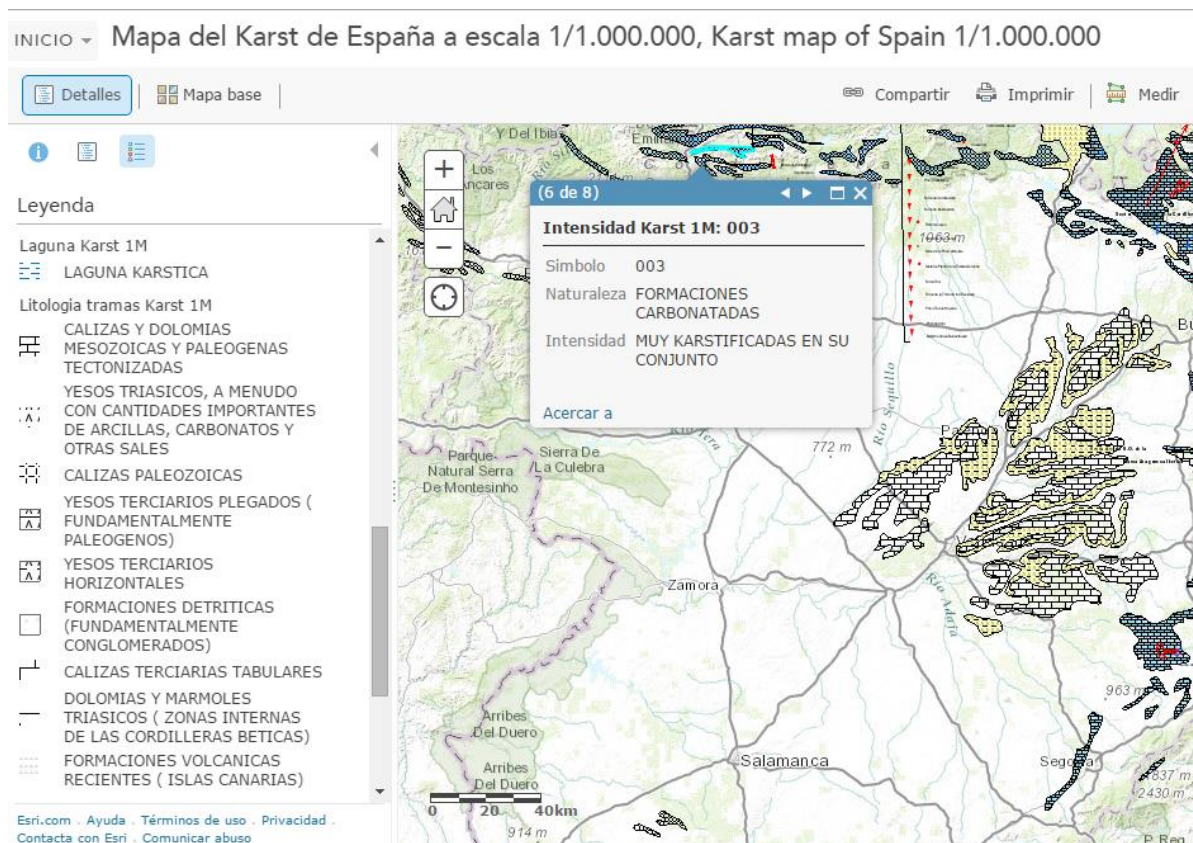


Figura 36: Captura de pantalla del Mapa del Karst de España a escala 1/1.000.000, en un visor SIG. (Fuente: www.igme.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=58a281f6d6fd4187b4a816b993316cc4)

- e) **Actividades de evaluación final:** Permite al profesor conocer si se han conseguido los objetivos de aprendizaje en el alumnado. Consistirá en una prueba escrita e individual que los alumnos realizarán en el aula.

Actividad 10 – Prueba escrita: Esta prueba escrita individual tiene como objetivo valorar el grado de adquisición de los aprendizajes propuestos durante el desarrollo de la unidad didáctica. (ANEXO II)

10.MATERIALES Y RECURSOS

De manera general, para impartir esta Unidad Didáctica se puede requerir el siguiente material y recursos. Hay que tener en cuenta que esta lista de material es solo orientativa y podría variar ligeramente en función de las necesidades de los alumnos:

En el aula:

- Pizarra y tizas de colores.
- Proyector.
- Ordenadores y material informático: paquetes integrados, sistemas multimedia, sistemas telemáticos, internet, plataforma SIG...
- Dispositivos de fotografía.
- Documental: “El modelado kárstico” y reproductor.
- Fondos bibliográficos.

En la salida de didáctica de Hoces de Vegacervera y Cueva de Valporquero:

- Prismáticos.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Chalecos reflectantes (ya que la ruta de Hoces de Vegacervera discurre por una carretera).
- Cuadernos de campo.

11. TEMPORALIZACIÓN DE ACTIVIDADES Y CONTENIDOS

A continuación, se expone un posible modelo la temporalización de las actividades y contenidos. De nuevo, hay que tener en cuenta que se podrá modificar en función de las necesidades de los alumnos y del centro escolar.

<p><u>1ª sesión:</u> (En el aula)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia la sesión realizando la “Actividad 1– Preguntas Iniciales” y la “Actividad 2 – Imágenes de Formaciones Kársticas”. • Se continúa dando el contenido “Modelado kárstico” y “Proceso de karstificación”. • Finalmente, se realizan los grupos para la “Actividad 3 – Presentación en grupo” y se informará a los alumnos de la “Actividad 4 – Concurso de fotografía”.
<p><u>2ª sesión:</u> (En el aula)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se explican los siguientes contenidos: “Fases de los procesos kársticos” “Evolución del paisaje kárstico” “Tipología del karst”
<p><u>3ª sesión:</u> (En el aula de informática)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los grupos de alumnos disponen de esta sesión para trabajar en la “Actividad 3 – Presentación en grupo”. • El profesor asesorará a los grupos durante en esta sesión en las necesidades o dudas que tengan.
<p><u>4ª sesión:</u> (En el aula)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se explican los siguientes contenidos: “Riesgos asociados karst” “Procesos kársticos en Castilla y León” • Se realiza con los alumnos la “Actividad 7 - Viaje virtual por los Pirineos”.
<p><u>5ª sesión:</u> (En el aula de informática)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sesión de preparación de la salida didáctica “Hoces de Vegacervera y Cueva de Valporquero” (ANEXO I).

<u>Salida Didáctica:</u>	<ul style="list-style-type: none">• Se realiza la salida de campo “Hoces de Vegacervera y Cueva de Valporquero” (ANEXO I)
<u>6ª sesión:</u> (En el aula)	<ul style="list-style-type: none">• Análisis y conclusiones de la salida didáctica, los alumnos entregan los cuadernos de campo utilizados durante ésta.• Entrega de las fotografías de la “Actividad 4” y preparación de la exposición.
<u>7ª sesión:</u> (En el aula)	<ul style="list-style-type: none">• Los alumnos realizan las presentaciones en grupo de la Actividad 3 utilizando el proyector del aula.
<u>8ª sesión:</u> (En el aula)	<ul style="list-style-type: none">• Visionado del documental “El Modelado Kárstico”.• Repaso y dudas de todo sobre los contenidos.
<u>9ª sesión:</u> (En el aula)	<ul style="list-style-type: none">• Realización de la prueba escrita (ANEXO II).

12.MEDIDAS DE ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

La atención a la diversidad abarca todas las etapas educativas y a todos los alumnos. Sin embargo, cuando se habla de las medidas de atención a la diversidad en el Bachillerato, se debe tener en cuenta que estas no tienen la misma consideración que en las etapas obligatorias.

La propia organización del Bachillerato por sí misma fomenta la respuesta a la diversidad del alumnado ya que permite mediante la elección de modalidades, itinerarios y optativas adaptarse a las inquietudes que cada alumno. A pesar de ello, es importante realizar una atención a la diversidad especialmente enfocada a alumnos con dificultades de aprendizaje y a altas capacidades intelectuales.

Teniendo en cuenta que los ritmos de aprendizaje de los alumnos son diferentes se proponen las siguientes actividades, de ampliación y de refuerzo, que se podrán utilizar dependiendo de las necesidades de los alumnos.

- **Actividad 7 – Animaciones sobre el modelado kárstico:** Se propone esta actividad de refuerzo a aquellos alumnos con dificultades de aprendizaje.
- **Actividad 9 - Mapa del Karst de España y SIG:** Se planteará esta actividad de ampliación a aquellos alumnos de altas capacidades intelectuales o con un rendimiento muy alto en la asignatura de Geología.

13. ESTRATEGIAS E INSTRUMENTOS DE LA EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN

La evaluación será continua, buscando siempre buscar perfeccionar el propio proceso de formación. Durante el desarrollo de la unidad didáctica se utilizarán varias estrategias para evaluar el proceso de aprendizaje, y se desarrollarán a través de una evaluación inicial, formativa y sumativa:

- **Evaluación inicial:** como se ha mencionado con anterioridad se aplica al inicio de la unidad didáctica y tiene un carácter diagnosticador y pronosticador, sirviendo también para detectar y solventar los preconceptos erróneos que los alumnos pudieran tener. Se puede considerar el inicio del proceso de evaluación continua y se realizará mediante las actividades de verificación de conocimientos previos propuestas.

- **Evaluación formativa o procesual:** se extiende a lo largo de todo el proceso educativo, proporcionando información continua sobre cómo se va desarrollando y si los objetivos de la enseñanza están siendo alcanzados o no. Se realizará analizando los trabajos en grupo, las dudas de los alumnos, ejercicios realizados en clase... La finalidad será no solo evaluar el progreso de los alumnos, sino también la propia eficacia como educadores y la evolución del proceso de aprendizaje.

- **Evaluación sumativa o final:** se realiza al final de la unidad didáctica, mediante una prueba objetiva e individual que permita comprobar lo que cada alumno ha aprendido. El objetivo es valorar si se han alcanzado los objetivos de aprendizaje propuestos para esta unidad didáctica.

Procedimientos de evaluación:

- **Prueba escrita (ANEXO II):** Se valorará el resultado obtenido en esta prueba individual calificando la precisión de las respuestas.
- **Presentación grupal:** Se valorará principalmente el dominio de los contenidos, la utilización de la terminología adecuada y la claridad de la presentación, además se tendrá en cuenta la dinámica del trabajo en grupo y el uso de las TICs.
- **Cuaderno de campo:** Se valorará la pulcritud, la claridad, la calidad de las tablas/dibujos/esquemas, la utilidad de las observaciones y la calidad de las reflexiones personales tomadas durante la salida didáctica.

- **Actitud y participación:** Durante todas las actividades realizadas se tomará nota de la actitud que tiene cada alumno y la frecuencia y riqueza de sus intervenciones o aportaciones. También se tendrá en cuenta aquí el trato al resto de compañeros y su capacidad para trabajar en equipo.

Criterios de calificación:

Prueba escrita	50%
Presentación grupal	30%
Cuaderno de campo	10%
Actitud y participación	10%

14. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- TARBUCK, E. & LUTGENS, F. (2009): Ciencias de la Tierra: una introducción a la Geología Física. Pearson. Prentice Hall.
- LAÍN HUERTA, L., DUCH MARTINEZ, C., GARCIA TORREGO, V., IRISO CALLE, A., LAÍN HUERTA, R., & PERIANES JIMÉNEZ, V. (1991). Atlas de riesgos naturales de Castilla y León. Serie: Ingeniería GeoAmbiental. ITGE, Madrid.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1988) Riesgos geológicos. Geología ambiental. I Curso de Riesgos Geológicos, Madrid.
- DERRUA, M. (1977): Las formas del relieve terrestre. Nociones de geomorfología. Toray-Masson.
- ANCOCHEA, E., ANGUITA, F., & MORENO, F. (1985). Geología. Procesos externos. Edelvives. Zaragoza.
- ANGUITA, F., & MORENO, F. (1993). Procesos geológicos externos y geología ambiental. Madrid: Rueda.

Sitios Web:

- dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1146767
- es.slideshare.net/geopaloma/modelado-krstico-26436934
- merlochero.blogspot.com.es/2012/12/procesos-karsticos-el-proceso-se.html
- recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esobiologia/3quincena2/3q2_contenidos_3c.htm

- sedeck.org/revista/cubia12/El%20Karst%20de%20Burgos.%20Distribucion%20y%20caracteristicas%20del%20Karst.pdf
- www.cuevadenerja.es
- www.educa.jcyl.es/es/informacion/normativa-educacion/educacion-universitaria-1/educacion-secundaria-obligatoria-bachillerato.nodos,20,10
- www.mecd.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/sistema-educativo/enseanzas/bachillerato.html
- www.patrimonionatural.org/pdf/veen/Guia%20Doc%20Picos%20Europa%20Valdeb.pdf
- www.patrimonionatural.org/ver_noticia.php?id_not=441
- www.raco.cat/index.php/ect/article/viewFile/88513/166212
- www.redes-cepalcala.org/ciencias1/geologia/geomorfologia/karst.htm
- www.sociedadgeologica.es/archivos_pdf/gdia13_burgos_trip.pdf

ANEXO I: SALIDA DIDÁCTICA “HOCES DE VEGACERVERA Y CUEVA DE VALPORQUERO”

Importancia y justificación de la salida didáctica:

El trabajo práctico es una faceta indispensable de la enseñanza de las Ciencias Experimentales y en concreto de la Geología. Además las características propias de las salidas didácticas o de campo hacen imposible que sean reproducidas solo con trabajo en el aula o en un laboratorio. Esa importancia queda reflejada en la Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo, donde en la asignatura de Geología (2º de Bachillerato) se dedica el Bloque 10: “Geología de Campo” a las salidas didácticas y todo el trabajo en el aula asociado a éstas.

Es importante resaltar que la preparación previa de los alumnos acerca de la salida didáctica y los análisis posteriores a ésta, son tanto o más importantes que la propia salida de campo. Por ello es fundamental dedicar una sesión completa en el aula anterior a la salida a preparar ésta y una sesión tras la salida para repasar y analizar lo que se ha visto en ésta.

Introducción

La salida didáctica consiste en una visita guiada a la Cueva de Valporquero, donde los alumnos podrán apreciar diversas formaciones endokársticas y una ruta por las Hoces de Vegacervera donde se disfrutará de esta garganta fluvial con diversas formaciones calcáreas, como son marmitas, torcas, sumideros, dolinas... Debido a que no existe camino para atravesar las Hoces de Vegacervera, la ruta se realizará por el arcén de la carretera LE-311, que conecta Vegacervera con Valporquero (Figura 37).



Figura 37: Itinerario de la ruta Vegacervera-Cueva de Valporquero. (Fuente: www.maps.google.es)

Objetivos

- Conocer las principales técnicas que se utilizan en la Geología de campo y manejar algunos instrumentos básicos.
- Interpretar mapas geológicos sencillos, fotografías aéreas e imágenes de satélite de una comarca o región.
- Observar y conocer los principales elementos geológicos de los itinerarios.
- Reconocer los recursos y riesgos geológicos.
- Entender las singularidades del patrimonio geológico de Castilla y León.

Temporalización

a) Sesión de preparación (1 hora en el aula de informática): El objetivo de esta sesión será que los alumnos preparen la salida didáctica y se vayan familiarizando con los elementos geológicos del itinerario, tanto de la Cueva de Valporquero como de las Hoces de Vegacervera. Los alumnos deberán situar el paraje en el Mapa de Peligrosidad por Hundimiento Kárstico del Atlas de Riesgos Naturales de Castilla y León, así como situar la zona y familiarizarse con el relieve mediante fotografías aéreas o imágenes de satélite utilizando herramientas informáticas como “Iberpix: Cartografía, Mapas, Imágenes y Ortofotos de España” o “Google Earth”.

b) Salida de campo:

8:30 horas: Salida desde el Centro Escolar en el autobús escolar.

11:30 horas: Llegada a Vegacervera, León e inicio de la ruta andando hacia la Cueva de Valporquero.

14.30 horas: Finaliza la ruta por las Hoces de Vegacervera y se da un tiempo para comer en el pueblo de Valporquero de Torío.

15:45 horas: Se inicia la visita guiada a la Cueva de Valporquero.

17:15 horas: Fin de la visita a la cueva y vuelta en el autobús escolar al Centro Escolar desde Valporquero de Torío.

20:15 horas: Llegada al Centro Escolar y fin de la salida de campo.

c) Sesión posterior (30 min en el aula): Se realizará un repaso de lo visto durante la salida de campo, analizando lo aprendido y los alumnos completarán los cuadernos de campo, que posteriormente el docente recogerá para su calificación.

ANEXO II: PRUEBA ESCRITA – LOS PROCESOS KÁRSTICOS.

1. ¿Cómo se infiltra el agua en un macizo calizo si la roca caliza es impermeable?

2. Señala las principales diferencias entre:

a. sima y galería

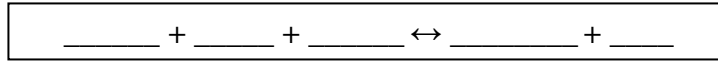
b. dolina y poljés

c. torcas y hoyas

3. Nombra cada uno de los siguientes espeleotemas y explica brevemente su proceso de formación:



4. Escribe y explica es equilibrio químico que se produce en los procesos de karstificación y precipitación de la caliza.



5. Describe brevemente dos parajes en Castilla y León donde se pueda observar modelado kárstico, y menciona alguna de las formaciones kársticas que se puede observar en cada uno de ellos.

