

# GEO TUR



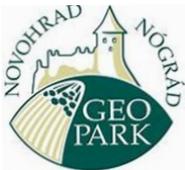
GUÍA-INTÉRPRETE DE  
GEOTURISMO



Cofinanciado por el  
programa Erasmus+  
de la Unión Europea

MATERIALES DIDÁCTICOS

NUESTROS SOCIOS:



*El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.*

# INTRODUCCIÓN



La conservación y gestión de la geodiversidad es un elemento clave para avanzar en la senda de una economía verde que contribuya a la construcción de un proceso de desarrollo socioeconómico sostenible esencial para el bienestar humano. Las políticas europeas de conservación y uso sostenible de la geodiversidad exigen intensificar los esfuerzos para su adecuada integración y consideración en las políticas sectoriales, pues sólo así podrán comprenderse y reforzarse los vínculos positivos existentes entre la conservación del patrimonio geológico y el desarrollo económico y social.

Esta demanda resulta especialmente obligada en el sector turístico, uno de los más importantes en cuanto a su impacto económico a nivel europeo, contribuyendo al producto interior bruto (PIB) y al empleo a razón de un 5% y un 5,2%, respectivamente, de la población activa. La geodiversidad está siendo cada vez más uno de los factores que motivan los viajes, ya que la variedad de paisajes geológicos y sus ecosistemas bien conservados actúa como atractivo básico de los destinos turísticos. Estos destinos se han visto reforzados con la creación de la Red de Geoparques europeos.

A través de un equipo de trabajo europeo se pretende reconocer y validar dos nuevas unidades de competencia a nivel europeo que den respuesta a la demanda de creación e impulso de productos de turismo geológico acreditados por su sostenibilidad en relación a la geodiversidad, y que proporcionen al turista experiencias singulares, acordes a la relevancia y exclusividad del patrimonio geológico.

Estas dos nuevas unidades de competencia se encuadrarían dentro de 3 familias profesionales en 4 cualificaciones profesionales reconocidas por el Instituto de las Cualificaciones (INCUAL):

- 1) Guía por itinerarios de baja y media montaña;
- 2) Guía de espeleología;
- 3) Guía de turistas y visitantes;
- 4) Interpretación y educación ambiental.

Así pues, el proyecto espera desarrollar una serie de productos innovadores basados en dos unidades de competencia::

1. Interpretar el patrimonio geológico y sus valores a turistas y visitantes de Geoparques europeos.
2. Prestar servicios de acompañamiento y asistencia a turistas y visitantes y diseñar itinerarios geoturísticos a través de los lugares de interés geológico (LIG).

**EQUIPO  
GEOTUR**



***Familia Geotur***

## CUALIFICACIONES PROFESIONALES

1. Guía por itinerarios de baja y media montaña.
2. Guía de espeleología.
3. Guía de turistas y visitantes.
4. Interpretación y educación ambiental.

## UNIDADES DE COMPETENCIA

1. Interpretar el patrimonio geológico y sus valores a turistas y visitantes de Geoparques europeos.
2. Prestar servicios de acompañamiento y asistencia a turistas y visitantes y diseñar itinerarios geoturísticos a través de los lugares de interés geológico (LIG).

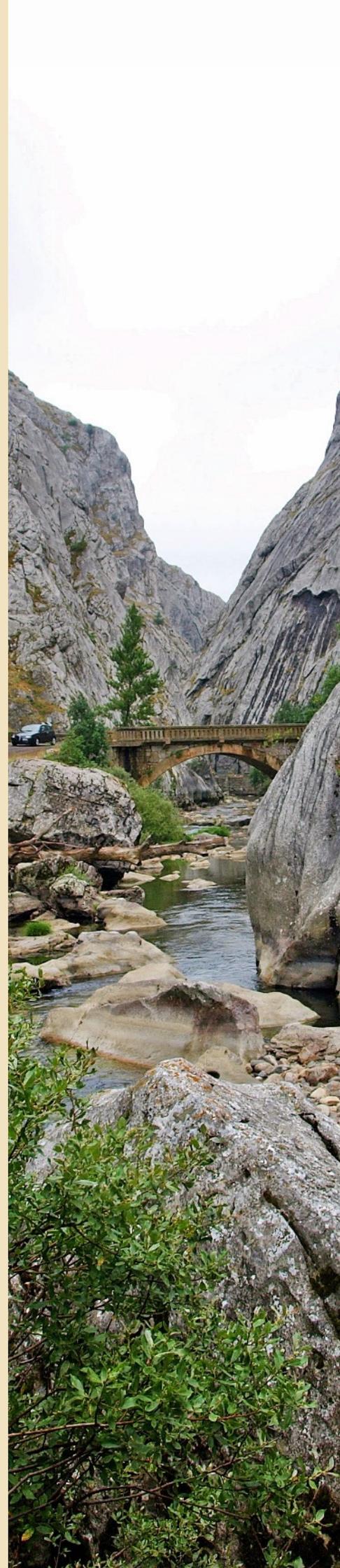
## OBJETIVO

Informar e interpretar el patrimonio geológico, los bienes geológicos y de interés natural y otros recursos turísticos del área específica de los Geoparques y lugares de interés geológico para los turistas y visitantes, de manera atractiva, interactuando con ellos y despertando su interés, como así como brindar servicios de acompañamiento y asistencia, para que se sientan cuidados en todo momento, se satisfagan sus expectativas de información y disfrute lúdico y se cumplan los objetivos de la entidad organizadora del servicio..

## ÁMBITO PROFESIONAL

campo profesional

El guía-intérprete del geoturismo, básicamente, puede ser un profesional independiente, aunque también puede participar en empresas de servicios turísticos como socio o asalariado. Este profesional presta servicios a empresas de turismo de naturaleza, ecoturismo y turismo activo, agencias de viajes, agencias de promoción local o empresas de servicios en general, aunque también puede ser contratado directamente por las personas o grupos a los que informa, interpreta, atiende y acompañar. Su ámbito de actuación, por la naturaleza intrínseca de la actividad, está delimitado por un ámbito territorial de ámbito regional, provincial o local, para lo cual cada profesional cuenta con una determinada acreditación.



### *Sectores Productivos*

Estas competencias transversales pertenecen al sector turístico, especialmente dentro del subsector de servicios de información, acompañamiento y asistencia a usuarios turísticos en el medio natural.

### *Ocupaciones y trabajos relevantes*

- Guía de Geoturismo.
- Guía intérprete de patrimonio geológico.

## FORMACIÓN ASOCIADA

### *Módulos de formación*

- **I. Introducción a la Geología.**
- **II. Patrimonio Geológico Europeo.**
- **III. Patrimonio Subterráneo y Cuevas Turísticas Europeas.**
- **IV. Geoparques y Geositios Europeos.**
- **V. Emprendimiento en Geoturismo europeo.**

## ÚNIDAD DE COMPETENCIA 1

Interpretar el patrimonio geológico y sus valores a los turistas y visitantes de los geoparques europeos.

### Realizaciones profesionales y criterios de desempeño

1. 1. *Buscar y seleccionar información turística sobre patrimonio geológico y sus valores, interpretándola y procesándola, para adaptarla a los diferentes tipos de receptores y contextos dentro de los Geoparques europeos.*

♣ CR1.1 Las fuentes primarias y secundarias de información se identifican, discriminan, contrastan y seleccionan para su utilización en la obtención de información actual, exacta y veraz.

♣ CR1.2 Los soportes informativos y los diferentes medios de acceso a la información, incluyendo la información existente en los equipamientos de uso público, como centros de visitantes o museos temáticos, se utilizan de forma eficiente a fin de determinar las opciones disponibles.

♣ CR1.3 La información de interés sobre el ámbito de actuación o itinerario se selecciona y contrasta, especialmente relativa a la geología, geografía física, legislación y figuras de protección ambiental, gestión de espacios protegidos.

♣ CR1.4 La información identificada e interpretada es objeto de síntesis y comprobación previas, actualizándola y adaptándola a los tipos de grupos o visitantes, al espacio natural objeto de visita y a los recorridos preestablecidos por la política de preservación ambiental del ente gestor, en caso de ser espacios protegidos.

2. *Integrar información sobre bienes de interés geológico, de modo que se pueda adaptar y trasladar, posteriormente de forma atractiva a geoturistas y visitantes, satisfaciendo sus requerimientos y expectativas.*

♣ CR2.1 La información sobre Geoparques y otros recursos del patrimonio geológico, correspondiente al itinerario o visita que se va a realizar y que ha sido objeto de selección y contraste, se analiza en profundidad e interpreta objetivamente.



- ♣ CR2.2 El itinerario geológico y actividades a realizar se comunican al gestor ambiental y se comprueba que se ha recibido la autorización correspondiente.
- ♣ CR2.3 Los datos y aspectos esenciales, correspondientes a dicha información analizada e interpretada previamente, se memorizan e interrelacionan.

*3. Interpretar el patrimonio geológico en los Geoparques europeos, satisfaciendo los requerimientos y expectativas de turistas y visitantes.*

- ♣ CR3.1 La información se facilita de forma clara, secuenciada, amena, contextualizada y con rigor, evitando los agobios, seleccionando el idioma y nivel medio de comprensión de los participantes y estimulando la interacción, curiosidad e interés.
- ♣ CR3.2 Las técnicas de comunicación y dinámica de grupo se aplican para estimular en los visitantes su curiosidad, interés y participación, propiciando el respeto y valoración del patrimonio geológico y del entorno que recorren.
- ♣ CR3.3 La voz como herramienta para transmitir la información se adaptan al sitio en concreto donde se encuentre.
- ♣ CR3.4 El lenguaje corporal como herramienta complementaria de la voz se domina y utiliza para reforzar la información verbal y motivar a los geoturistas y visitantes.
- ♣ CR3.5 La información se transmite adaptándose a las demandas del grupo, turista o visitante, a su diversidad o identidad cultural, a sus previsibles experiencias vitales y procedencias geográficas y a los recursos cognitivos propios de su edad y formación.
- ♣ CR3.6 Las preguntas formuladas se responden con claridad y corrección, ampliando la información cuando así se lo requiere.
- ♣ CR3.7 Los lugares de interés geológico y geosites en cuyo marco se interpreta la información se conocen exhaustivamente, de modo que se tenga plena capacidad de improvisación y reacción ante cualquier circunstancia.
- ♣ CR3.8 Los tiempos empleados en transmitir la información se adaptan al programa, a la limitación temporal prevista para la ruta establecida, a las características de los visitantes, a su disponibilidad de tiempo y, en su caso, a la necesidad de combinar tiempos de explicación y tiempos de ocio para garantizar que el geoturista se encuentre en condiciones óptimas para recibir, asimilar y disfrutar la información.

## **Contexto profesional**

## Medios de producción

- Medios y equipos ofimáticos.
- Material de oficina.
- Medios de transporte.
- Espacios naturales y sus instalaciones.
- Equipamiento de uso público.
- Equipos de sonido y audiovisuales.
- Materiales interpretativos.

## Productos y resultados

• Información correspondiente al ámbito de actuación, seleccionada, procesada, interpretada, integrada y prestada, sobre Geoparques y sus recursos geológicos.

## Información utilizada o generada

- Todo tipo de información y documentación impresa, en soportes magnéticos, etc.
- Bibliografía general y específica.
- Planos y mapas.
- Legislación turística.
- Legislación sobre fórmulas de espacios y recursos naturales.

## UNIDAD DE COMPETENCIA 2

Prestar servicios de acompañamiento y asistencia a turistas y visitantes y diseñar itinerarios geoturísticos a través de lugares de interés geológico.

### Realizaciones profesionales y criterios de realización.

*1. Analizar el servicio de guía, acompañamiento y asistencia a geoturistas que va a ser objeto de prestación, sugiriendo, en su caso, los cambios oportunos y gestionando los medios necesarios para su realización, de modo que se asegure el cumplimiento de los objetivos de la entidad organizadora y se cubran las expectativas de los participantes.*

♣ CR1.1 Se interpreta la información sobre el perfil del grupo o turista, georuta o itinerario geológico, transporte, alojamientos, visitas, actividades y proveedores previstos, así como la documentación de viaje..

- ♣ CR1.2 La información que se debe suministrar al grupo o al turista en particular se adapta en función de sus peculiaridades.
- ♣ CR1.3 El grado de adaptación de los servicios previstos a los requerimientos de los participantes y a las características culturales del entorno, se evalúa y se proponen, si es preciso, alternativas que puedan mejorar el geoitinerario o georuta diseñado por la entidad organizadora.
- ♣ CR1.4 Los medios necesarios para la prestación del servicio se determinan teniendo en cuenta las condiciones económicas establecidas, relativas a:
  - Información sobre las características del grupo o turista.
  - Información sobre las visitas.
  - Información que se prevé utilizar en el recorrido.
  - Medios de difusión previstos.
  - Medios de transporte y demás proveedores de servicios, como restaurantes, museos y otros.
  - Otros.
- ♣ CR1.5 Se contacta con los prestatarios de los servicios, asegurándose de que se cumplen las condiciones, precios y plazos previstos, comprobando su idoneidad y pertinencia según el recorrido determinado, previendo las sustituciones necesarias y recogiendo información sobre las personas de contacto y recepción del grupo en destino.
- ♣ CR1.6 Las posibles situaciones conflictivas se prevén, estableciendo de común acuerdo con la entidad organizadora los mecanismos necesarios para la solución de las mismas, de modo que se aseguren alternativas sólidas para cada una de las actividades y servicios programados.

*2. Acompañar y asistir al geoturista o grupo, logrando que en todo momento se sienta convenientemente atendido y entretenido en los momentos en que sea preciso.*

- ♣ CR2.1 La información y documentación que se proporciona al participante describe:
  - Programa del recorrido.
  - Lugar y hora de encuentro.
  - Medios de identificación, tanto del turista o grupo de turistas como del acompañante.
  - Información de interés general.
  - Entradas y bonos para excursiones, visitas, espectáculos y demás eventos programados.
  - Documentos de los que deben disponer.
  - Medios para extender quejas sobre la organización del viaje o visit.
- ♣ CR2.2 Su presencia en los lugares y momentos adecuados se asegura, solucionando los imprevistos con prontitud y eficacia.

- ♣ CR2.3 La presencia de los participantes se comprueba, repasando y actualizando la lista facilitada por la entidad organizadora, recalcando la importancia de la puntualidad y cumplimiento de los horarios.
- ♣ CR2.4 La asignación de asientos, en su caso, a los participantes se establece o coordina, intentando evitar la separación de personas que viajan juntas y asegurando la equidad de la distribución.
- ♣ CR2.5 Los trámites de llegada y salida se coordinan comprobando que los servicios ofertados se ajustan a lo pactado con la entidad organizadora del viaje e intentando satisfacer, en la medida de lo posible, las demandas de los participantes.
- ♣ CR2.6 Los bonos y demás documentos se manejan y cumplimentan con exactitud, asegurando que se ajustan a los servicios contratados para su posterior facturación por la entidad organizadora.
- ♣ CR2.7 Se presta asistencia al turista individual o grupo, intentando que se sienta acompañado, seguro y convenientemente atendido, dando respuesta ante todo tipo de imprevistos.
- ♣ CR2.8 Las actividades de animación que resulten adecuadas se proponen, dinamizan y conducen, teniendo en cuenta el perfil del participantes, el lugar y el momento del día.
- ♣ CR2.9 La comunicación con los participantes es fluida, utilizando los medios más eficaces para conseguir una buena interacción y comprensión en la comunicación.
- ♣ CR2.10 Las normas básicas de protocolo, atención al cliente y convivencia se aplican para mantener un adecuado nivel de comportamiento en el desarrollo de la actividad.

*3. Proporcionar al geoturista o grupo en ruta información general de interés sobre el geodestino o entorno inmediato, de modo que se satisfagan sus requerimientos y expectativas.*

- ♣ CR3.1 La información de interés general se facilita de forma secuenciada, serena y seleccionando el idioma y nivel medio de comprensión de los participantes.
- ♣ CR3.2 La información de interés general se presta adaptándose a los requerimientos individuales y, en su caso, colectivos, para dar una visión global y sintética del recurso objeto de visita, procurando establecer el marco en el que ajustar los restantes servicios de información en destino que vayan a recibir los participantes.
- ♣ CR3.3 Las preguntas formuladas por los geoturistas se intentan responder con claridad y corrección, solucionando sus dudas y ampliando la información general cuando así se le requiere.
- ♣ CR3.4 La comunicación con los participantes es fluida, utilizando los medios más eficaces para conseguir una buena interacción y comprensión en la comunicación.

4. *Supervisar y dirigir el desarrollo del itinerario geológico, georuta, visita o servicio en el que ejerce su función de guía, acompañante o asistente para asegurar el cumplimiento del programa o de las directrices de gestión de los Geoparques y otros espacios naturales de interés geológico, solucionando incidencias y evitando dificultades.*

♣ CR4.1 Son objeto de comprobación constante, verificando que se adecúan al programa previsto:

- El itinerario geológico o georuta que se está realizando.
- Los servicios de transporte, guía de geoturismo y otros contratados.
- Las visitas y otras actividades programadas.
- Los horarios que incidan en la apertura/cierre de los centros de interés geoturístico.

♣ CR4.2 La programación contratada se cumple, adoptando con flexibilidad, en caso de situaciones imprevistas, las medidas oportunas que procuren la satisfacción del participantes, e informando cuanto antes al responsable de la entidad organizadora.

♣ CR4.3 Las decisiones y soluciones adoptadas por la entidad organizadora o por el ente gestor del espacio protegido, en caso de que surjan imprevistos o tengan lugar desviaciones significativas con respecto a lo programado o esperado por los visitantes, se ponen en práctica de manera eficaz cuanto antes, minimizando su efecto sobre las expectativas de los mismos.

♣ CR4.4 Las pautas de comportamiento en Geoparques y espacios naturales protegidos y las razones de su preservación son explicadas de forma clara y sencilla, buscando la implicación de los visitantes y concienciándolos acerca de su fragilidad.

♣ CR4.5 El guía de geoturismo, durante su recorrido por Geoparques y espacios naturales protegidos, se comporta de forma que su actitud refuerce la transmisión del respeto por el patrimonio geológico.

♣ CR4.6 La puntualidad, el aprovechamiento del tiempo disponible, el cumplimiento de las reglas establecidas y la adaptabilidad a las circunstancias imprevistas se controlan en todo momento, para alcanzar los objetivos establecidos.

♣ CR4.7 La georuta o itinerario geológico por donde son conducidos los visitantes se sigue con el fin de minimizar el impacto sobre el entorno natural y garantizar su preservación y sostenibilidad, incluida la geodiversidad.

♣ CR4.8 La seguridad del grupo se intenta mantener en los momentos en que sea preciso.

♣ CR4.9 Las incidencias interpersonales que puedan surgir a lo largo del trayecto, itinerario o visita se solucionan con eficacia y profesionalidad, adoptando, en su caso, una actitud mediadora y conciliadora entre partes.

♣ CR4.10 La comunicación con los participantes es fluida, utilizando los medios más eficaces para conseguir una buena interacción y comprensión en la comunicación.

5. *Diseñar itinerarios geológicos y georutas, visitas o productos turísticos de interés geológico, para empresas, agencias u otros operadores o sus propios clientes, de modo que resulten atractivos y susceptibles de comercialización.*

- ♣ CR5.1 El diseño de itinerarios geológicos se realiza mediante:
  - La concreción del ámbito territorial y temporal del itinerario.
  - La identificación y consulta de las fuentes de información turística.
  - La síntesis y organización de la información recogida.
  - La programación de los servicios y actividades.
  - La justificación de la viabilidad del itinerario.
- ♣ CR5.2 Los componentes de la oferta geoturística y el marco de actuación se identifican y consideran, especialmente lo relativo a:
  - Los recursos geológicos, naturales, culturales, históricos y recursos turísticos en general.
  - Los recursos geológicos y naturales, sus características, la política ambiental de los Geoparques y los espacios naturales de interés geológico y de su entorno y la fragilidad del medio.
  - Los posibles impactos de los visitantes sobre el medio y la capacidad de acogida ecológica y psicosocial.
  - Las nuevas demandas de los geoturistas.
  - La infraestructura básica, como accesos, abastecimientos, transportes, señalización, aulas de interpretación, y otros.
  - La infraestructura turística en el entorno, como alojamientos, servicios de restauración, oferta recreativa y otros.
- ♣ CR5.3 La información recogida se analiza para evaluar las posibilidades de diseño de nuevos itinerarios, georutas, visitas o productos geoturísticos, según la oferta turística, demanda de la entidad organizadora, tendencias del mercado o política de gestión de los Geoparques y los espacios naturales de interés geológico, estimando su viabilidad comercial, técnica, financiera y, en su caso, ambiental.
- ♣ CR5.4 Los nuevos itinerarios geológicos, georutas, visitas o productos geoturísticos se diseñan a partir del análisis profundo de la zona o espacio natural, adaptándolos al entorno objeto de visita y maximizando el aprovechamiento de sus recursos geológicos.
- ♣ CR5.5 El diseño de geoitinerarios, georutas o productos geoturísticos en el marco de Geoparques y otros espacios naturales de interés geológico se adapta a los objetivos divulgativos y lúdicos de la visita, maximizando el aprovechamiento interpretativo de los recursos geológicos y naturales que mejor asegure y contribuya a su sostenibilidad y se realiza considerando su eficacia para la divulgación de los valores de dichos espacios y de sus políticas de protección ambiental.
- ♣ CR5.6 Se contribuye con el diseño de los nuevos itinerarios geológicos, georutas o productos geoturísticos en Geoparques y espacios naturales de interés geológico a su preservación y a la generación de recursos económicos para los mismos y para la entidad organizadora.

♣ CR5.7 Los parámetros de calidad establecidos por la entidad organizadora, o por la gestora del espacio natural, se asumen como mínimos en el diseño de nuevos itinerarios geológicos, georutas, visitas o productos geoturísticos.

*6. Participar en la mejora de la calidad del proceso de prestación del servicio de guía de geoturismo, acompañamiento o asistencia a geoturistas y visitantes en el que interviene, evaluando la prestación de los servicios propios y ajenos, para elevar los estándares establecidos y el nivel de satisfacción de los participantes.*

♣ CR6.1 El trabajo se realiza cumpliendo o superando los estándares de calidad, conforme a los procedimientos establecidos y logrando la satisfacción de las expectativas de los participantes.

♣ CR6.2 La información directa acerca de los geoturistas y sus expectativas, así como sobre las condiciones potencialmente adversas a la calidad, se aporta a la entidad organizadora del servicio o gestora del Geoparque o espacio natural de interés geológico, efectuando sugerencias de mejora con respecto a futuros programas.

♣ CR6.3 La información que se obtiene de encuestas, cuestionarios de calidad y otros, para evaluar el grado de satisfacción de los participantes y el nivel de cumplimiento de los objetivos previstos, se recoge y guarda para su posterior procesamiento.

♣ CR6.4 El grado de adecuación de la prestación de los servicios a las condiciones establecidas o comunicadas a los visitantes y acordadas con el cliente es objeto de valoración.

♣ CR6.5 § La información generada durante la prestación del servicio se organiza con el fin de:

- Proporcionar a la entidad contratante un informe sobre los resultados del servicio.
- Enriquecer sus conocimientos y georecursos para mejorar sus servicios en futuras prestaciones.

♣ CR6.6 Las quejas o reclamaciones de los participantes se atienden con amabilidad, eficacia y máxima discreción, siguiendo el procedimiento establecido, cumpliendo la normativa vigente y tomando las medidas oportunas para facilitar su resolución.

♣ CR6.7 La comunicación con los participantes es fluida, utilizando los medios más eficaces para poder conseguir una buena interacción y comprensión.

## Contexto profesional

### Medios de producción

- Medios de transporte.
- Instalaciones de los prestatarios de servicios geoturísticos.
- Medios y equipos ofimáticos.
- Equipos de sonido y audiovisuales.

- Material recreativo.
- Botiquín.
- Equipo de protección individual.
- Sistema de comunicación.
- Material de señalización y balizamiento.

### **Productos y resultados**

- Servicio de guía, asistencia y acompañamiento analizado.
- Información y otros documentos derivados de la gestión del geoitinerario buscado, comprendido o formalizado. Medios necesarios para la realización del servicio gestionado.
- Desarrollo del itinerario, georuta, visita o servicio dirigido y supervisado.
- Recogida, acogida, acompañamiento, asistencia y guía de turistas individuales y en grupo.
- Informe de evaluación sobre el servicio prestado.
- Itinerarios de georutas, visitas o productos turísticos de interés geológico o natural, diseñados.
- Participación en el proceso de mejora de la calidad efectuada.

### **Información utilizada o generada**

- Información y documentación impresa, en soportes magnéticos y en páginas web, de tipo general, sobre destinos, productos, recursos y servicios geoturísticos.
- Planos y mapas.
- Información y documentación de viaje específicas, tales como tipo de grupo o turista objeto de acompañamiento, programa de georuta o geoitinerario, visitas, transportes que deben utilizarse, medios de identificación, documentos para extender quejas o reclamaciones por extravío, información para actividades de animación, alojamientos, actividades programadas, proveedores previstos u otras de interés.
- Información sobre personas de contacto y recepción del grupo en destino.
- Información de promoción de la empresa o entidad organizadora del servicio geoturístico.
- Requisitos exigibles y normativas aplicables a los geoturistas nacionales e internacionales, a los profesionales de la actividad de guía de geoturismo, asistencia y acompañamiento de visitantes, turistas y grupos, y a los demás profesionales relacionados.
- Información sobre proveedores de servicios, precios y tarifas.
- Normativa interna de la entidad organizadora.
- Información específica adaptada y sintetizada para el geoturista o grupo.
- Informes de evaluación del servicio prestado.
- Legislación sobre fórmulas de protección de bienes de interés geológico o espacios naturales.
- Código deontológico de la profesión.



## UNIDAD DIDÁCTICA I. INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA

### MÓDULO 1: Conceptos básicos y definiciones

1.1. Procesos geológicos básicos: Planeta Tierra; Materiales terrestres (minerales, rocas magmáticas, metamórficas y sedimentarias); el ciclo de las rocas.

1.2. Estructura de la Tierra, calor interno, tectónica de placas, movimientos de placas y deriva continental, magmatismo, vulcanismo y terremotos, modificación de rocas por plegamiento y fracturación; Orógenos y Cratones.

1.3. Tiempo geológico (tiempo profundo): escala de tiempo; evolución de la vida y evidencias fósiles; Tierra a través del tiempo (los mundos perdidos); cómo medir la edad de las rocas; cómo reconstruir entornos pasados.

1.4. Técnicas geológicas; equipos de laboratorio y de campo y seguridad, registro de información paleontológica, registro de características de diferentes tipos de rocas, mapas y diagramas geológicos.

### MÓDULO 2: Origen y evolución geológica de Europa.

2.1. Descripción general de la estructura geológica y tectónica de Europa.

2.2. Europa a través del tiempo.

### MÓDULO 3: Geomorfología de Europa

3.1. Introducción de accidentes geográficos y paisajes

3.2. Forma de la superficie de la Tierra: procesos y formas

3.3. Edad del hielo en Europa y accidentes geográficos relacionados.





## MÓDULO 4: Otros elementos geológicos de Europa

4.1. Geología y Cultura en Europa.

4.2. Objetos de piedra: patrimonio inmaterial de los geoparques europeos.

4.3. Glosario de Geología.

### ESTUDIOS DE CASO:

La Geología del Geoparque Transfronterizo Nograd-Novograd.

La Geología del Geoparque Sierras Subbéticas.

## MÓDULO 1: Conceptos básicos y definiciones

La geología nació como la ciencia que estudia la Tierra, su formación, composición y evolución como sistema. La ciencia se desarrolló durante los últimos tres siglos y su nombre proviene de las palabras griegas antiguas Γῆ (Tierra) and λογία (estudio de). Cuando hablamos del estudio de cuerpos extraterrestres la ciencia se llama geología planetaria o astrogeología o exogeología. La Tierra es un planeta único en el Sistema Solar, parte de la Vía Láctea, que es una de las miles de millones de galaxias del universo conocido.

- *1.1. Procesos geológicos básicos: Planeta Tierra; Materiales terrestres (minerales, rocas magmáticas, metamórficas y sedimentarias); el ciclo de las rocas.*

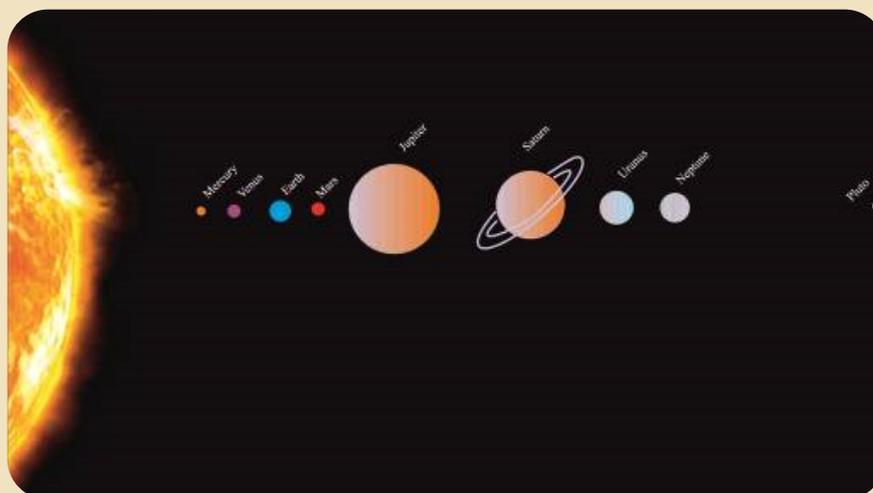
### Planeta Tierra

¿Qué hace que nuestro planeta sea único? Si miramos a nuestro alrededor e identificamos los principales componentes físicos y procesos geológicos y comparamos nuestro planeta con los otros planetas del Sistema Solar, hay algunos elementos clave que podemos identificar:

- Es un planeta rocoso constituido de rocas y metales como Mercurio, Venus y Marte, todos ellos planetas más cercanos al Sol y mucho más pequeños y rotan más lentamente que los planetas gaseosos como Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno (figura 1.1).
- Tiene agua en forma líquida permanentemente, permitiendo la evolución de la vida, el equilibrio climático, los procesos de riego y erosión bajo el control de la energía externa e interna;
- La existencia de un sistema de placas tectónicas que se mueve continuamente controlado por la transferencia de calor interna y que permite que el ciclo de carbono-silicio regule la temperatura;



- Distancia correcta al Sol y el efecto estabilizador de la luna en nuestra rotación planetaria, lo que evita que los polos se muevan inesperadamente y preserva la vida de la extinción;
- Es el único planeta conocido que alberga vida, incluidos nosotros.



**Fig. 1.1. El Sistema Solar**

La Tierra es un planeta muy activo, sujeto a continuos cambios controlados por los llamados procesos geológicos. Los terremotos, las erupciones volcánicas, la formación y erosión de montañas, el transporte y depósito de sedimentos, la formación y destrucción de rocas, el movimiento de placas, la deriva continental y la evolución de la vida, son algunos de los más importantes. Las fuerzas impulsoras detrás de todo esto son el calor interno y el calor del Sol combinados con electromagnetismo, gravitación, interacciones físicas y químicas a nivel atómico e influencias cósmicas. Teniendo en cuenta todo esto llegamos a un principio lógico en geología, el principio del ACTUALISMO que nos permite comprender el pasado geológico y la evolución de la Tierra. En otras palabras, si entendemos cómo funciona la Tierra hoy, tendremos una base de referencia sólida para comprender el pasado geológico. Las mismas fuerzas que actúan hoy han estado actuando durante los 4.540 millones de años de evolución de la Tierra, con variaciones en intensidad e impacto. La Tierra funciona como un sistema único y complejo, pero a nuestro entender, podemos clasificar los procesos geológicos como internos y externos en función de las principales fuentes de energía que actúan dentro y fuera.

Los **procesos geológicos internos** son impulsados principalmente por el calor almacenado en el interior de la Tierra, como calor residual desde el momento de la formación de la Tierra y como calor radiactivo generado por la desintegración radiactiva. El principal proceso geológico interno es el movimiento de las placas litosféricas, que genera terremotos, erupciones volcánicas, el movimiento de los continentes, la apertura de nuevos mares y el cierre de los antiguos, y la formación de cadenas montañosas donde las rocas son plegadas y cabagadas (figura 1.2).

**Los procesos geológicos externos** son generados principalmente por la radiación solar y, posteriormente, por otras influencias cósmicas, y afectan a la superficie de la Tierra dando forma al relieve e influyendo en la evolución de la vida. Incluyen todos los cambios que generan, alteran o desgastan las rocas, y los materiales de depósito resultantes de la erosión y de las actividades biológicas (figura 1.3.). Aunque procesos como las erupciones volcánicas y los terremotos afectan la superficie de la Tierra, claramente se originan en su interior.



**Fig. 1.2 - Estructura plegada en rocas sedimentarias, Montañas Psiloritis, UGGp (Grecia)**



**Fig. 1.3 - Meteorización y erosión en la cantera de ocre Rosellón, Luberon UGGp (Francia)**

## Materiales terrestres

En todos los procesos de la Tierra hay dos componentes fundamentales que actúan juntos: energía y materia. La materia se define como todo lo que ocupa un espacio y tiene masa. Toda la materia en el mundo natural como minerales, rocas, atmósfera, organismos vivos y nuestros cuerpos, está compuesta por uno o más de los 92 elementos químicos fundamentales de los 118 elementos químicos ordenados en la tabla periódica. Los otros son de naturaleza inestable y no pueden interactuar para formar materiales estables. Un elemento es una sustancia pura que se distingue de todas las demás materias por el hecho de que no puede ser creado o degradado por medios químicos ordinarios. Estos elementos fueron forjados en procesos cósmicos y reciclados en nuevas estrellas y planetas, incluida la Tierra. Podemos decir que somos polvo de estrellas. Los elementos más abundantes en la corteza terrestre son: oxígeno, silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio, magnesio, potasio y titanio. Los otros 83 representan menos del 1 por ciento.

## Minerales

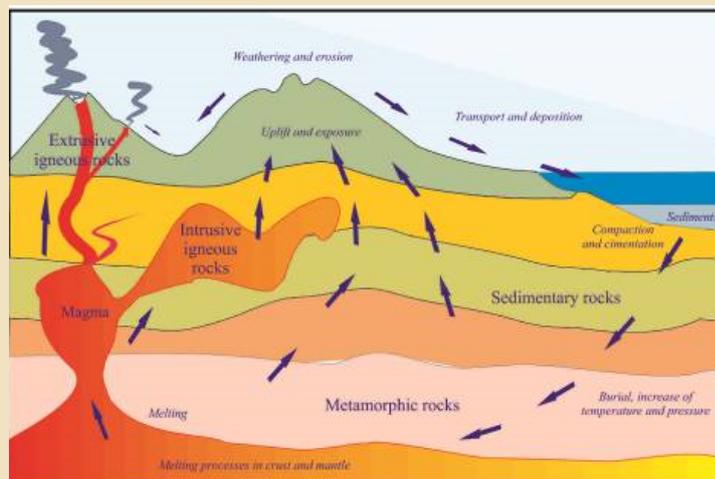
Los minerales son compuestos químicos sólidos que se encuentran en la naturaleza en forma pura. Los minerales están hechos de uno o más elementos químicos y están representados por una fórmula química específica. Por ejemplo, la sal de roca está hecha de un mineral llamado halita, una forma de cloruro de sodio con una fórmula química Na Cl. El cuarzo, el segundo más abundante en la corteza terrestre, es un mineral duro y cristalino compuesto por átomos de silicio y oxígeno con la fórmula SiO<sub>2</sub>.

Los minerales tienen uniones atómicas ordenadas formando una estructura cristalina que genera propiedades físicas macroscópicas específicas para cada tipo de mineral tales como sistema de cristalización, dureza, brillo, color, raya, densidad, etc. Podemos utilizar estas propiedades para identificar minerales específicos. Por ejemplo, la escala de dureza de Mohs es una tabla que mide la resistencia de un mineral al ser rayado cuando se expone al desgaste general. La escala tiene valores de uno (talco - un mineral) a diez (diamante). Un número más alto en la escala indica mayor dureza.

Los minerales se forman en condiciones geológicas muy diferentes como oxidación, cristalización de magma o gases volcánicos, precipitación de fluidos. Con base en la composición química y la estructura cristalina, se han identificado unos pocos miles de minerales; cada año se agregan nuevos minerales y algunos se desclasifican. Los elementos dominantes en la corteza terrestre son el Silicio y el Oxígeno, que forman los silicatos, el tipo de minerales más importante en términos de abundancia y composición de rocas. El componente principal es el tetraedro de  $\text{SiO}_2$ . Los minerales no silicatos son importantes desde el punto de vista económico, especialmente como menas metálicas.

## Rocas

Las rocas están a nuestro alrededor, formando la corteza terrestre sólida. Cualquier roca está formada por uno o varios minerales, o por fragmentos de otras rocas. Hay miles de tipos de rocas, cada uno de ellos formado en condiciones geológicas específicas. La forma más práctica de clasificar las rocas es por su génesis (figura 1.4). Según la forma en que se forman las rocas, los geólogos identificaron tres grupos principales: rocas ígneas, rocas metamórficas y rocas sedimentarias.



**Fig 1.4 - Diferentes tipos de rocas: magmáticas, metamórficas y sedimentarias. El ciclo de la roca (Redibujado de <http://www.geologyin.com/2016/>)**



**Las rocas ígneas** (del latín ignis - fuego) se forman por cristalización (solidificación) del magma fundido en el interior de la corteza o de la lava que surge en la superficie. En función del tamaño de sus cristales, se pueden identificar dos categorías. Las rocas ígneas intrusivas como el gabro, la diorita y el granito se forman en el interior de la corteza al cristalizar lentamente el magma, lo que permite la formación de grandes cristales de minerales específicos. Las rocas ígneas extrusivas, como el basalto, la andesita y la riolita, se forman a partir de magmas (lavas) enfriadas rápidamente que surgen en la superficie. Los minerales comunes en las rocas ígneas son el cuarzo, feldespato, mica, piroxeno, olivino y anfíbol. La cantidad de diferentes minerales está controlada por el tipo de magma y las condiciones de formación.

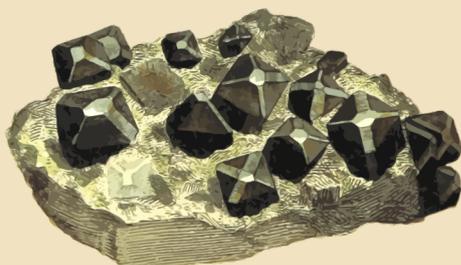
**Las rocas sedimentarias** se forman en la superficie de la Tierra como capas de sedimentos clásticos, químicos y bioquímicos bajo el control de la meteorización, la erosión, la actividad de los organismos y la sedimentación gravitacional. La acumulación continua de capas de sedimentos llevó al enterramiento, compactación y cementación, convirtiendo los sedimentos en rocas sedimentarias. El proceso se llama litificación cuando las partículas sueltas como granos de arena, limo, conchas de organismos, minerales precipitados se empaquetan juntas, en estructuras específicas, para formar una roca sólida. Las rocas sedimentarias se caracterizan por tener lechos, capas paralelas de sedimentos debido al asentamiento de partículas en el fondo del mar, lago, río o superficie terrestre. Los minerales comunes de las rocas sedimentarias son el cuarzo, los minerales arcillosos, el feldespato, la calcita, el yeso y la halita. Las rocas sedimentarias más comunes son: conglomerados, arenisca, limo, lutita, caliza, sal, yeso, sílex y carbón.

**Las rocas metamórficas** (de las palabras griegas meta (cambio) y morphos (forma)). Las rocas se forman cuando la presión y la temperatura en las profundidades de la corteza terrestre son lo suficientemente altas como para cambiar el tipo de minerales y la forma en que están organizados, sin fundirse. Los procesos de metamorfismo se inician a temperaturas superiores a 150 a 200 ° C y presiones de 1500 atmósferas, que provocan profundos cambios físicos y / o químicos. La roca original afectada por metamorfismo se denomina protolito y podría ser cualquier tipo de roca magmática, sedimentaria o metamórfica. El proceso está controlado por procesos tectónicos como la colisión de placas tectónicas, la intrusión de magmas que calientan las rocas y el enterramiento de sedimentos debido a la acumulación masiva desde la corteza terrestre donde las temperaturas y la presión aumentan continuamente debido al gradiente térmico de la Tierra y la presión litosférica. En el campo podemos identificar dos tipos de rocas metamórficas: foliadas y no foliadas. Las rocas metamórficas foliadas muestran estratificación o alineación paralela de granos minerales debido a una mayor acción de la presión que de la temperatura. Algunos ejemplos son: Pizarra, cuando la roca se rompe a lo largo de planos paralelos, Filita con apariencia brillante y Esquisto con grandes cristales alineados en planos sub paralelos, Gneis con bandas minerales gruesas claras y oscuras alternas.

Las rocas metamórficas no foliadas se forman cuando la temperatura es más alta y la presión bastante baja. Algunos ejemplos son: Cuarzita (piedra arenisca metamorfizada) y Mármol (piedra caliza metamorfizada).

### Ciclo de las Rocas

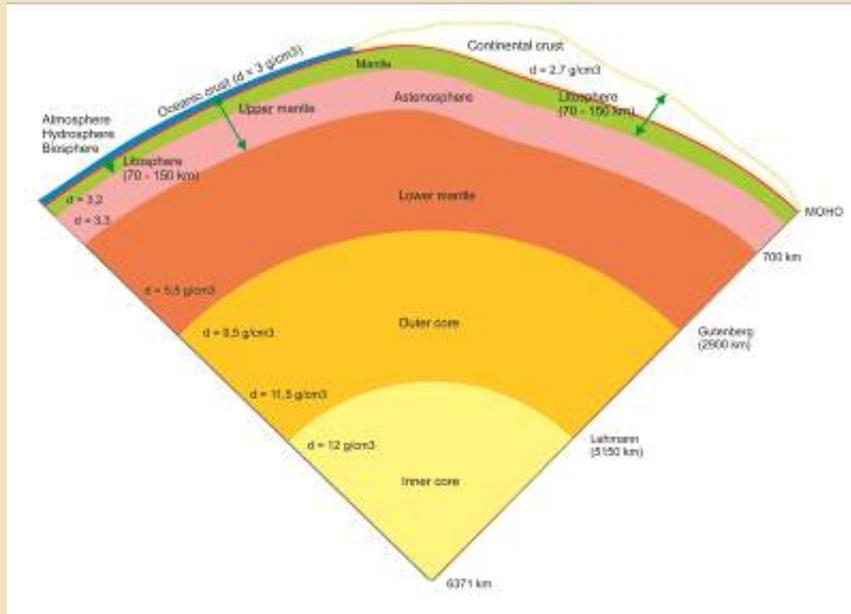
La Tierra es un planeta muy activo y los procesos internos y externos producen continuas transformaciones. Debido a la termodinámica interna, los materiales fundidos evolucionan a rocas volcánicas y magmáticas. Las rocas magmáticas y metamórficas se forman continuamente dentro de la corteza y son empujados hacia la superficie mediante el movimiento de las placas y la exhumación. La meteorización y la erosión afectan a todo tipo de rocas expuestas generando sedimentos y rocas sedimentarias. Las interacciones entre la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera y la biosfera están controladas por la energía del Sol. Cuando las rocas son introducidas profundamente bajo la superficie de la Tierra, se transforman en rocas metamórficas o pueden fundirse con el magma, producir rocas magmáticas. Como podemos ver, a través del tiempo geológico, existe una transición continua entre los tres tipos de rocas llamado ciclo de las rocas, un concepto clave en las geociencias (ver figura 1.4).



- *1.2. Estructura de la Tierra, calor interno, tectónica de placas, movimientos de placas y deriva continental, magmatismo, vulcanismo y terremotos, modificación de rocas por plegamiento y fracturación; Orógenos y Cratones.*

### Estructura de la Tierra

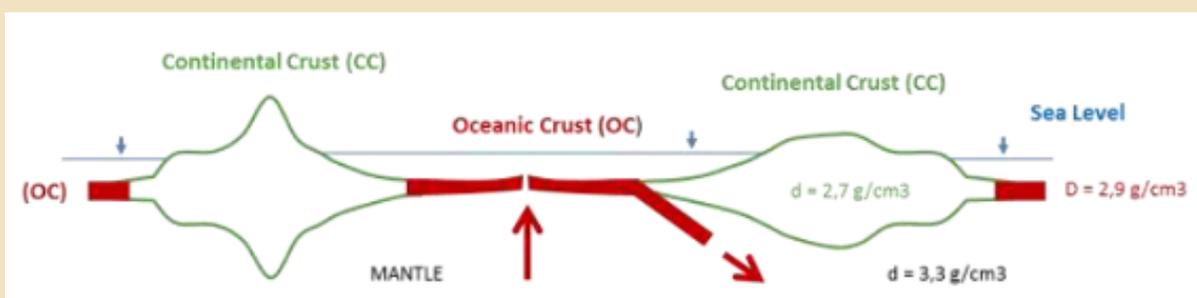
La Tierra es un planeta rocoso formado por diferentes compuestos químicos organizados en capas esféricas concéntricas: una atmósfera gaseosa, una hidrosfera líquida, una litosfera sólida de silicato (formada por corteza y parte del manto superior), una astenosfera viscosa, el resto del manto formado de silicatos, un núcleo externo líquido y un núcleo interno sólido constituido principalmente de hierro. Este modelo se basa en diferentes tipos de observaciones. Las observaciones directas nos permiten estudiar la atmósfera, la hidrosfera y varios kilómetros de la corteza. Además, se podrían realizar observaciones directas en meteoritos y otros cuerpos cósmicos. Las observaciones indirectas se basan en el análisis de la propagación de ondas sísmicas, el campo electromagnético, el flujo de calor y el campo gravimétrico. Al medir la velocidad de las ondas sísmicas P (primarias) y S (secundarias) generadas por terremotos o explosiones, los geólogos han creado un modelo como se puede ver en la figura 1.5.



**Fig. 1.5 - La estructura de la Tierra basada en la composición química y las propiedades mecánicas. Las capas internas de la Tierra están separadas por discontinuidades.**

La estructura de la Tierra se puede definir en función de las propiedades mecánicas de diferentes capas o por composición química (tipos de elementos químicos, minerales y rocas). Según la composición, la Tierra se puede dividir en **CORTEZA, MANTO, NÚCLEO EXTERIOR** y **NÚCLEO INTERIOR**. Según las propiedades mecánicas, la Tierra se divide en **LITOSFERA, ASTENOSFERA, MESOSFERA, NÚCLEO EXTERIOR** y **NÚCLEO INTERIOR**.

La **CORTEZA** de la Tierra se puede dividir en corteza continental y corteza oceánica. La corteza continental tiene un espesor de 30 a 70 km, está formada por rocas de tipo granito menos densas (2,5 - 2,7 g / cm<sup>3</sup>). Las rocas continentales más antiguas tienen unos 4 000 millones de años. La corteza oceánica tiene entre 5 y 10 km de espesor. Está formada por rocas más densas (2,7 - 3 g / cm<sup>3</sup>), como basalto, diabasa, gabro y las rocas más antiguas tienen unos 200 millones de años. Las diferencias en edad, composición y espesor indican que los dos tipos se generan de dos formas completamente diferentes y tienen una evolución geológica diferente (figura 1.6).



**Fig. 1.6 - Tipos de corteza y relación con continentes y océanos**



**El MANTO** tiene unos 2900 km de espesor, está compuesto por silicatos y tiene propiedades diferentes en la parte superior en comparación con la parte inferior. Silicatos en diferentes estados físicos debido al aumento de presión y temperatura (Peridotita, Ringwoodita, Perovskita). La densidad oscila entre 3,3 g / cm<sup>3</sup> en la parte superior y aproximadamente 5,5 g / cm<sup>3</sup> en la parte inferior. Es predominantemente sólido pero en el tiempo geológico se comporta como un fluido viscoso. La diferencia de composición entre la corteza y el manto está marcada por la discontinuidad de Mohorovicic (MOHO).

**El NÚCLEO EXTERIOR** compuesto por hierro y níquel, tiene aproximadamente 2.260 km de espesor y está en estado líquido, como se deduce de la caída de velocidad de las ondas sísmicas P y la falta de ondas S. La densidad varía de 9 a 11,5 g / cm<sup>3</sup> y la temperatura de 4000°C a 5000°C. El límite entre el manto y el núcleo externo está marcado por la discontinuidad de Gutenberg. Las convecciones de líquidos en el núcleo externo y el efecto dínamo entre el núcleo externo y el núcleo interno generan el campo electromagnético de la Tierra, un campo que actúa como un escudo contra la radiación cósmica que protege la atmósfera, el agua y la vida. Sin el núcleo externo, la vida en la Tierra sería muy diferente.

**El NÚCLEO INTERIOR** es sólido y se cree que está compuesto de hierro y níquel. Su densidad es de unos 12 g / cm<sup>3</sup>, su temperatura se estima en 5500 °C y su presión de 360 GP (giga Pascales) o unos 3,6 millones de atmósferas. El límite entre el núcleo externo y el núcleo interno está marcado por la discontinuidad de Lehmann.

**La LITOSFERA** es la parte más rígida y externa de la Tierra, y está formada por la corteza y la parte más alta del manto superior. Los dos tipos de corteza hacen que la litosfera sea continental y oceánica. El espesor de la litosfera varía entre 50 y 150 kilómetros, según el tipo de corteza. La litosfera no es continua, se divide en 7 placas litosféricas principales que están formadas por otras más pequeñas.

**La ASTENOSFERA** es parte superior del manto, debajo de la litosfera, y se encuentra en estado viscoso (características reológicas plásticas) desempeñando un papel clave en los movimientos de las placas. El límite entre la litosfera y la astenosfera es una isoterma (punto de igual temperatura) a 1300 ° C, donde un pequeño porcentaje del material comienza a fundirse y da el estado viscoso de toda la astenosfera. Debido a su comportamiento plástico, la astenosfera juega un papel clave en la tectónica de placas asegurando el equilibrio isostático y permitiendo que las placas se muevan. La parte inferior se considera a 660 (700) kilómetros, en base a las ondas sísmicas.

### Calor interno

La existencia de volcanes, fuentes termales, altas temperaturas en las profundidades de pozos de mina, indican que el interior de la Tierra se vuelve más y más caliente con la profundidad. Esta correlación entre profundidad y temperatura se denomina gradiente térmico natural y tiene un valor medio de 1 °C por 33 metros o 30 °C por kilómetro. Las principales fuentes de calor interno son el calor residual

desde el momento de la formación cuando toda la Tierra se fundió y comenzó a enfriarse desde el exterior, así como la desintegración de elementos radiactivos como uranio, torio y potasio. Estas dos fuentes principales son bastante similares y el calor fluye de adentro hacia afuera, desde el interior caliente, con una temperatura de hasta 5500 °C hasta la superficie donde la temperatura es de 14 °C en promedio. La Tierra se enfría de dos formas principales: por conducción (más lentamente) y por convección. El flujo de calor desde el interior de la Tierra a la superficie se estima en 47 TW, que es un porcentaje muy pequeño del balance energético total de la Tierra en la superficie dominado por 173.000 TW de radiación entrante. Teniendo en cuenta el presupuesto de energía, podemos considerar que la dinámica interna de las placas tectónicas, los volcanes y los terremotos son impulsados por el calor interno, y los procesos externos como la meteorización, el clima, la erosión eólica y hídrica son impulsados por la energía solar entrante. La gravedad juega un papel importante tanto para los procesos internos como externos.

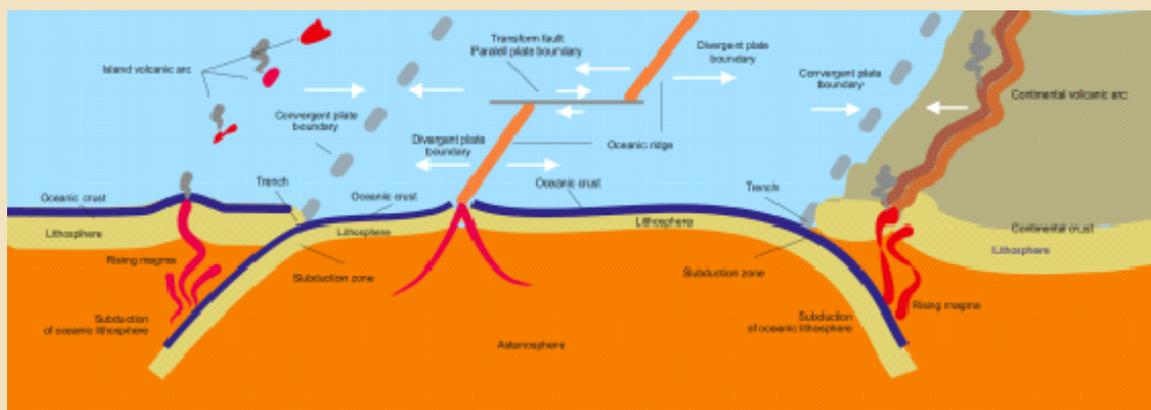
### Movimientos de placas y deriva continental.

La litosfera está dividida en 7 placas litosféricas principales que están formadas por otras más pequeñas. Las placas litosféricas o placas tectónicas se mueven continuamente sobre la astenosfera plástica impulsadas por la transferencia de calor de las corrientes de convección, la gravedad y otras fuerzas posteriores. Los continentes son parte de algunas de las placas móviles (placas con corteza continental) y viajan pasivamente (figura 1.7)



**Fig. 1.7 - Tectónica de placas principales y tipo de límites** ([https://opengeology.org/textbook/wp-content/uploads/2016/07/Tectonic\\_plates\\_boundaries\\_detailed-en.svg.png](https://opengeology.org/textbook/wp-content/uploads/2016/07/Tectonic_plates_boundaries_detailed-en.svg.png))

Cada placa se mueve como un único bloque rígido a una velocidad de unos pocos centímetros por año sobre la astenosfera, que también está en movimiento. La mayoría de las características geológicas a gran escala ocurren en los límites de las placas, donde las placas interactúan. Hay tres tipos de límites: límites de fallas divergentes, convergentes y transformantes (movimiento paralelo) (figura 1.8).



**Fig. 1.8 - Límites de las placas litosféricas**

- Límites divergentes:** las placas se mueven en dirección opuesta, lo que permite que el magma que proviene del manto salga y forme una nueva litosfera de corteza oceánica. Estos márgenes se dan sólo entre litosféricas de tipo oceánico, y están marcados por grietas (valles con forma de grietas) y una cordillera en medio del océano. A medida que las placas se separan, el magma ascendente se solidifica, formando, por acreción (crecimiento de un cuerpo por agregación de cuerpos menores), una nueva corteza oceánica hecha de rocas basálticas. El fondo marino se va expandiendo y la cuenca oceánica se agranda. Este es el mecanismo para la creación de una nueva corteza oceánica.
- Límites convergente:** se involucran procesos geológicos totalmente diferentes. En un contexto en que dos placas chocan a lo largo de los límites convergentes. Si ambas placas tienen litosfera oceánica, una de ellas (la más pesada / la más antigua) se hundirá debajo de la otra en un proceso llamado subducción (figura 11). La zona de hundimiento produce una profunda depresión alargada en el fondo del océano de unos 10 km por debajo del nivel del mar, llamada fosa oceánica. Si una de las placas tiene litosfera oceánica y la otra litosfera continental, solo la litosfera oceánica se hunde, el borde de la placa superior continental se arruga y se eleva para formar un orógeno (una cadena montañosa) paralelo al margen divergente. El proceso de subducción genera enormes fuerzas liberadas parcialmente en fuertes terremotos. Durante la subducción, parte de la placa descendente se funde, formando magma. Debido a su menor densidad, el magma flota hacia arriba y la mayor parte se cristaliza, generando grandes cuerpos de roca magmática, y una pequeña parte llega a la superficie y genera erupciones volcánicas en la placa superior. Cuando la litosfera oceánica se consume por completo y dos placas continentales chocan de frente, ninguna de ellas se subduce debido a su igual flotabilidad en la astenosfera. El proceso se denomina colisión continente-continente y genera fuerzas enormes capaces de desplazar y deformar las rocas y sedimentos entre las dos placas y crear una cadena montañosa (orógeno), y fusionar las dos placas en una sola. La subducción es el mecanismo por el cual se destruye litosfera oceánica y se genera litosfera continental (corteza). Esto explica la gran diferencia de edad de los dos



tipos de corteza, oceánica y continental. La corteza oceánica se genera continuamente en áreas divergentes y se consume en las convergentes. La corteza continental se genera, se pliega y se superpone en grandes pilas, se levanta, pero se conserva durante mucho más tiempo.

- **Límites paralelos:** algunas placas simplemente se deslizan unas sobre otras horizontalmente a lo largo de lo que se denomina falla de transformación. El proceso no es suave y ocurren terremotos y deformaciones de rocas.

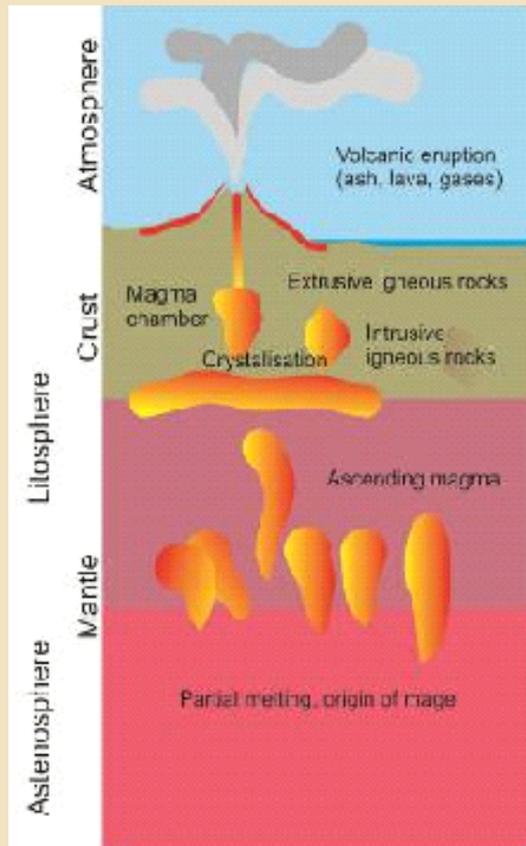
### **Deriva continental**

Si comparamos la costa de América del Sur con la de África, ambas encajan bastante bien. De hecho, los dos formaron parte de un supercontinente llamado Pangea hace 250 millones de años. Los mecanismos de movimiento de las placas pueden explicar lo que sucedió con los continentes, y existen numerosas evidencias de la existencia de los movimientos de las placas. Estas evidencias se basan en estudios paleontológicos, tectónicos, litológicos y paleomagnéticos. Al extender la investigación a todos los continentes, los geólogos encontraron evidencias de un movimiento continuo de los bloques continentales al menos desde la época del Proterozoico, cuando se originaron las placas tectónicas. Los bloques continentales colisionan, se dividen, se desplazan por la superficie de la tierra y de vez en cuando se agrupan en los llamados supercontinentes.

### **Magmatismo, vulcanismo y terremotos**

El magmatismo, el vulcanismo y los terremotos están fuertemente relacionados con los movimientos de las placas litosféricas. El magmatismo es el proceso de producción, evolución y cristalización del magma. Dos tipos de límites de placas están asociados con la formación de magma: límites divergentes y límites convergentes. En las dorsales oceánicas, el calor de las corrientes de convección crea las condiciones para que el magma basáltico fluya intermitentemente desde las grietas. El magma en la zona de subducción es generado por la entrada de sedimentos y agua en las profundidades del manto que reducen el punto de fusión generando grandes cuerpos intrusivos en la corteza y erupciones volcánicas en la superficie.

Hay volcanes y cuerpos intrusivos no conectados a los márgenes divergentes ni convergentes. Los llamamos volcanes de puntos calientes y representan la parte superior de una pluma magmática. El magma se forma en las profundidades de la Tierra y se eleva debido a su menor densidad en comparación con las rocas circundantes. La mayor parte del cuerpo de magma cristaliza en la corteza y una cantidad muy pequeña llegará a la superficie en forma de lava y producirá erupciones volcánicas (figura 1.9)

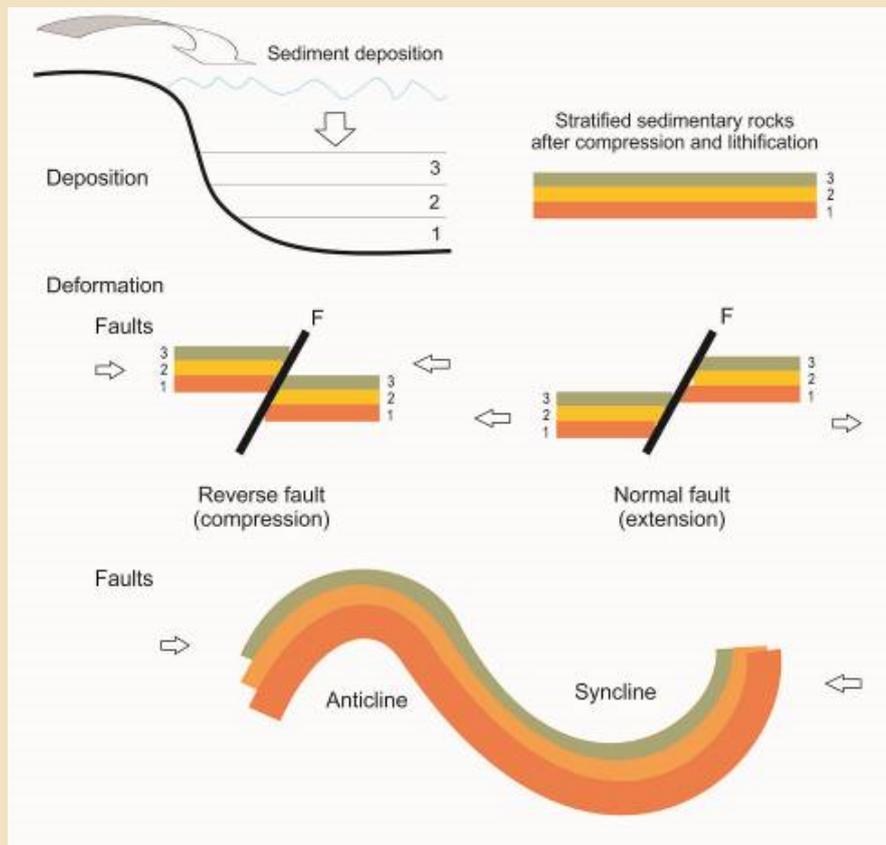


**Fig. 1.9. Formación y evolución del magma**

Los terremotos son fenómenos naturales relacionados principalmente con los movimientos de las placas tectónicas. Los terremotos son movimientos rápidos de la superficie de la Tierra debido a la rápida liberación de una gran cantidad de energía acumulada durante los movimientos de placas, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra o impactos cósmicos. La energía también podría provenir de fuentes humanas (explosiones) o podría ser inducida durante las mediciones sísmicas. Según la energía liberada o el impacto o daños, existen diferentes escalas para medir los terremotos. Cuanto mayor sea el número en la escala (Richter o Mercalli), mayor será el impacto. Los terremotos se producen continuamente y, al igual que los volcanes, son amenazas naturales que constituyen un riesgo permanente para las comunidades humanas.

### **Modificación de rocas por plegamiento y fractura**

Sabemos que las rocas sedimentarias se depositaron originalmente en capas horizontales. Los movimientos de las placas generan enormes fuerzas tectónicas de compresión, extensión y cizallamiento capaces de transformar y deformar las rocas y crear pliegues y fallas (figura 1.10). Los pliegues constituyen los giros y curvas en las rocas. Las fallas son planos de desprendimiento que se producen cuando las rocas a ambos lados del desplazamiento se deslizan unas sobre otras. El proceso de deformación afecta también a las rocas magmáticas y metamórficas, generando su deformación o transformación típica



**Fig. 1.10 - Deformación de rocas sedimentarias por fallas y pliegues**

## Orógenos y Cratones

Cuando hablamos de los continentes actuales, debemos considerar su larga evolución geológica y su estructura. Cada continente, incluida Europa, como parte de la placa euroasiática, tiene dos componentes estructurales principales: orógenos (cinturones orogénicos) y cratones. Consulte el módulo 2 para obtener más detalles.

**Los cratones** son áreas de corteza continental antigua (precámbrica), sin actividad tectónica importante durante el fanerozoico. Los cratones representan los primeros bloques continentales, raíces de antiguas montañas. Están compuestos de antigua roca de basamento cristalino, que puede estar cubierta por roca sedimentaria más joven. Llamamos áreas de escudos donde se veía el basamento cristalino y plataformas, áreas donde el basamento está cubierto por rocas sedimentarias fanerozoicas casi horizontales y sedimentos. El cratón europeo está constituido por el Escudo Báltico y la Plataforma de Europa del Este.

**Los orógenos** representan áreas activas con corteza continental deformada fanerozoica. Un orógeno tiene pequeños fragmentos de corteza precámbrica incorporados, llamados Terrenos precámbricos. Un orógeno es una gran estructura

geológica alargada que forma cinturones orogénicos o cordilleras, desde el punto de vista morfológico. Los orógenos se forman por acreción o por colisión y comprenden todos los cuerpos de rocas comprimidos y deformados durante el proceso. Los orógenos de acreción se forman durante la subducción de una placa oceánica debajo de una continental (tipo andino). Los orógenos de colisión se producen por la colisión entre dos bloques continentales (tipo alpino). En ambos casos todo tipo de rocas están fuertemente deformadas y afectadas por vulcanismo, metamorfismo y levantamiento de toda el área con miles de metros. Hay tres ciclos orogénicos principales: Caledonian, Hercynian (Variscan) y Alpine (ver módulo 2).

- *1.3. Tiempo geológico (tiempo profundo): escala de tiempo; evolución de la vida y evidencias fósiles; Tierra a través del tiempo (los mundos perdidos); cómo medir la edad de las rocas; cómo reconstruir entornos pasados;*

El tiempo geológico o tiempo profundo es uno de los conceptos clave de las geociencias. Para comprender diferentes procesos geológicos como: formación de montañas (orogénesis), movimientos de placas tectónicas y apertura o cierre de cuencas oceánicas, formación y ruptura de supercontinentes, evolución de la vida y hábitats terrestres, cambios climáticos a gran escala, subida y bajada del nivel del mar, etc., necesitamos entender y pensar en el tiempo geológico. Todos los procesos mencionados anteriormente tardan millones, decenas o cientos de millones de años en tener lugar. Basado en estudios geológicos y técnicas científicas, consideramos que la Tierra se formó hace 4.54 / 4.6 miles de millones de años. Desde entonces, ha sufrido continuas transformaciones. Lo que vemos hoy a nuestro alrededor es el resultado de estas transformaciones. Las transformaciones continuarán y la Tierra se verá totalmente diferente en el futuro.

### La escala de tiempo geológico (GTS)



**Fig. 1.11 -Escala de tiempo geológico simplificado y el surgimiento de la vida.**





Un objetivo importante de la geología es colocar diferentes eventos pasados en su orden correcto y responder a preguntas como: ¿cuándo se formó una montaña? ¿Cuándo desaparecieron los dinosaurios? ¿Vivieron los primeros humanos al mismo tiempo que los dinosaurios? La respuesta a todas estas preguntas está escrita en rocas y su contenido fósil. Los geólogos, como detectives del tiempo, están tratando de reconstruir el contexto y la cronología de los hechos. Observaciones a gran escala, estudios sobre rocas y su contenido fósil, experimentos y otros tipos de mediciones permitieron a los geólogos dividir el Tiempo de la Tierra en intervalos más pequeños llamados, en orden, de grandes a más pequeños: eones, eras, períodos, épocas y edades. La escala de tiempo geológico es un sistema que relaciona rocas y fósiles con el tiempo, cada intervalo se caracteriza por fósiles, rocas y eventos específicos. Se presenta una GTS simplificada en la figura 1.11 y la Carta Cronoestratigráfica Internacional oficial, actualizada anualmente por la Comisión Internacional de Estratigrafía (<https://stratigraphy.org/chart>), se puede encontrar en el Anexo I.

### **Cómo medir la edad de las rocas**

Podemos considerar la edad relativa y la edad cronométrica de las rocas. El primero coloca las rocas relativamente en términos de más viejas, más jóvenes o coetáneas. La datación cronométrica utiliza la desintegración radiactiva como método para medir la edad "absoluta" de una roca y la expresa en miles, millones o miles de millones de años. La datación relativa utiliza el contenido fósil y el principio de superposición, continuidad lateral, correlación, intersección o inclusión.

### **Evolución de la vida y evidencias fósiles**

Los fósiles pueden ser conchas, huesos, dientes o huellas de impresiones de plantas, animales u otros reinos. Los fósiles son los restos de organismos antiguos. Algunos son similares a los organismos modernos, pero otros son muy diferentes e incluso no tienen correlacionales modernos. Los fósiles tienen diferentes tamaños, desde metros hasta micrones, pueden tener una arquitectura muy simple (una célula) o pueden ser muy complejos (organismos multicelulares). Al principio, hace 3.5 - 4 mil millones, cuando comenzó la vida, todos los seres vivos eran organismos simples unicelulares. Miles de millones de años después evolucionaron los organismos multicelulares y, desde entonces, la biodiversidad de la Tierra aumentó y aparecieron y desaparecieron nuevos tipos de organismos. Las similitudes de todas las especies conocidas en la actualidad sugieren que tienen un ancestro común del que evolucionaron. La diversidad de vida que podemos ver hoy es el resultado de la evolución. ¿Se estima que todos los seres vivos que conocemos representan menos del uno por ciento de todas las especies que alguna vez vivieron? En las figuras 18 y 19 se presentan organismos característicos para diferentes intervalos de tiempo pasados. En el Eón Precámbrico, el registro de vida comenzó con organismos unicelulares simples (hace 3700 millones de años), las primeras algas capaces de producir fotosíntesis y liberar oxígeno (hace 3500 millones de años), los primeros



organismos multicelulares (hace 600 millones de años). El Eón fanerozoico comienza con un desarrollo repentino de gran diversidad de organismos (explosión cámbrica): trilobites, peces, cefalópodos, primeros tetrápodos y plantas, son característicos de la Era Paleozoica. El final de la Era Paleozoica está marcado por una gran extinción masiva cuando casi el 95% de todas las especies desaparecieron. La Era Mesozoica se caracteriza por la presencia de dinosaurios, ammonites, primeros mamíferos, primeras aves, primeras flores y posterior desarrollo de insectos. El límite entre la Era Mesozoica y Cenozoica está marcado también por una gran extinción masiva cuando el 75% de todas las especies se extinguieron, incluidos los dinosaurios y los ammonites. La Era Cenozoica se caracteriza por la proliferación de mamíferos, plantas, insectos y la aparición de especies humanas. Como podemos ver en la figura 1.11, cada intervalo de tiempo se caracteriza por grupos específicos de organismos.

### **La Tierra a través del tiempo (los mundos perdidos)**

Los mundos pasados son completamente diferentes del mundo que conocemos hoy y muy diferentes de los mundos futuros, con diferente biodiversidad y ecosistemas. Reconstruir los mundos perdidos es un trabajo de detective. Necesitamos recolectar evidencias del pasado principalmente de fósiles y rocas. Los fósiles nos brindan información sobre cómo vivían los animales y las plantas en el pasado. Los fósiles son solo rastros de los organismos que alguna vez vivieron y podemos reconocer e identificar fácilmente algunos fósiles si son ancestros de las plantas y animales de hoy. Pero muchos fósiles representan animales que ya no existen y tenemos que hacer conjeturas fundamentadas sobre grupos extintos como dinosaurios, ammonites y trilobites.

Las reconstrucciones de organismos extintos se basan en la comparación con grupos similares, estudios de restos anatómicos, análisis litológicos, sedimentológicos y químicos, así como en la habilidad de científicos y artistas. La mayoría de las paleointerpretaciones son una mezcla de puntos de vista científicos y artísticos. Un buen ejemplo es la interpretación de una especie de dinosaurio, Balaur bondoc, de Hateg Country UGGp, donde falta el cráneo. La falta de información sobre los dientes hace imposible determinar si Balaur era un carnívoro o un herbívoro. En este caso, la interpretación final depende del criterio de los paleoartistas. Un ejemplo opuesto es el dinosaurio Borealopelta, un caso de conservación excepcional, encontrado en arenas bituminosas en Canadá. El dinosaurio mejor conservado de la historia no deja mucho espacio para la interpretación, ya que incluso el color original se ha mantenido (figuras 1.12 y 1.13).  
I colour has remained (figures 1.12 and 1.13).



**Fig. 1.12 - Vista artística (Mihai Dumbrava)**



**Fig. 1.13 - Vista artística  
(Brian Cooley si Mary Ann Wilson)**

- *1.4. Técnicas geológicas; equipos de laboratorio y de campo y seguridad, registro de información paleontológica, registro de características de diferentes tipos de rocas, mapas y diagramas geológicos.*

La aplicación de campo tiene como objetivo aplicar en el mundo real datos teóricos y observar y recopilar datos de rocas fósiles, medir diferentes parámetros y recolectar muestras para estudios de laboratorio

Un equipo básico para observaciones y técnicas de campo debe contar con: un martillo geológico para la recolección de muestras o para dejar visibles superficies frescas para observar y describir mejor los minerales o las características de la roca; la lupa es un elemento esencial para la observación detallada de todo tipo de rocas y material fósil; Se utiliza una brújula con clinómetro para medir (1) la orientación de los planos geológicos (estratos, fallas, etc.) y la línea con respecto al norte; y (2) el ángulo de buzamiento de las características geológicas con respecto a los planos horizontales; Cuadros de comparación para proporcionar una descripción semicuantitativa del tamaño de grano y diagramas de clasificación de rocas; un mapa geológico del área para brindar información sobre los tipos de roca, su posición geométrica, edad, otras características; las secciones transversales y los gráficos estratigráficos son muy útiles; un cuaderno, GPS, ácido clorhídrico para comprobar la presencia de carbonato de calcio (calizas).

Para visitas guiadas o excursiones educativas, además de las herramientas mencionadas anteriormente, son muy útiles: un juego de herramientas con moldes de fósiles locales o fósiles típicos, muestras de rocas, diagramas, una tabla estratigráfica, etc. El trabajo de campo o las visitas implican un esfuerzo físico e implica estar al aire libre en diferentes condiciones climáticas. Por estas razones, es importante seleccionar ropa cómoda, botas adecuadas y estar preparado para una variedad de condiciones.

## MÓDULO 2: Origen y evolución geológica de Europa.

### 2.1. Descripción general de la estructura geológica y tectónica de Europa.

Después de casi doscientos años de estudios de campo, análisis de laboratorio e investigación multidisciplinaria, podemos ahora ofrecer una imagen bastante precisa de las características básicas y la evolución de los diferentes continentes.

El continente europeo forma parte de la Placa Euroasiática y se extiende desde el antiguo Escudo Fennosarmatiano (Báltico) Precámbrico, en el noreste, hasta la compleja región mediterránea en el sur, y desde el margen continental submarino europeo, en el oeste, hasta los Montes Urales, en el este. La historia geológica de Europa comenzó hace unos 3.500 millones de años y contiene registros de su crecimiento continental desde el noreste hacia el suroeste, desde núcleos del Arcaico y del Proterozoico tardío (Escudo fennosarmatiano o de Europa del Este y Escudo Laurentiano) con acumulaciones graduales de diferentes bloques de la corteza (microcontinentes) en los márgenes occidental, central y sur de Europa, desde el Paleozoico hasta la actualidad (Neubauer, 2003; Plant et al., 2005). De hecho, el basamento precámbrico (principalmente del Proterozoico tardío) en el oeste, centro y sur de Europa está subordinado y el resto de la corteza está formada por la acumulación progresiva de cinturones orogénicos más jóvenes: Cadomiano (ca. 670 - 520 My), Caledoniano (aprox. 500-400 My), Varisca (380-300 My), Cimmeriana (aprox. 210-180 My) y Alpina (120-0 My).

La corteza heterogénea del oeste, centro y sur de Europa se vio afectada por la rotura y la apertura de los océanos Tethysiano y Atlántico, generando cuencas sedimentarias posteriores a cada uno de estos orógenos. Tales cuencas sedimentarias se formaron, por ejemplo, en el norte y el sur de Alemania, la cuenca de París, las cuencas de Aquitania y del Mar del Norte, y las cuencas de Panonia y Dacia. Aparte de la parte noroeste de Europa (noroeste de Escocia y las Hébridas), que representa los pequeños restos del continente Laurentia (América del Norte), el continente europeo está formado por dos áreas principales:



- El Cratón de Europa del Este (o Fenosarmatia o Escudo Báltico) en el noreste y este de Europa compuesto por un basamento del Proterozoico Inferior / Arcaico y una cubierta sedimentaria del Proterozoico Superior al Terciario, y
- Europa occidental, central y meridional representada por un complejo mosaico de elementos de la corteza, ensamblados durante diferentes ciclos orogénicos precámbricos seguidos por los ciclos orogénicos caledonianos, hercínianos y alpinos. Por lo tanto, la Europa occidental, central y meridional revela un basamento complejo anterior al Carbonífero Tardío cubierto por una cubierta sedimentaria del Pérmico al Neógeno.

La conexión entre estas dos áreas se produce a lo largo de una amplia zona de fallas con impacto NW-SE denominada Zona de Sutura Transeuropea (TESZ) que se extiende por casi 2000 km desde el Mar del Norte hasta la región de Dobrogea en el Mar Negro. Generalmente, TESZ está cubierto por sedimentos mesozoicos y cenozoicos, y se identificó utilizando principalmente observaciones geofísicas. Sin embargo, en la región de Dobrogea (sureste de Rumanía) se puede observar este sistema de fallas importantes en la superficie. Por lo tanto, el continente europeo está construido por una serie de unidades tectónicas importantes que representan, de hecho, el crecimiento continental gradual desde el noreste hacia el suroeste desde la época arcaica tardía hasta la reciente. Según Neubauer (2003) y Plant et al. (2005) las principales unidades tectónicas de Europa incluyen (figura 1.14):



**Fig. 1.14 -Principales unidades tectónicas de Europa**  
(<https://www.britannica.com/place/Europe/Geologic-history>)



- **El cratón de Europa del Este (hecho de escudo báltico y plataforma de Europa del Este)** representa el antiguo núcleo continental, formado principalmente durante los tiempos Arcaico y Proterozoico temprano. La base de esta unidad está ubicada en los escudos Báltico y Ucraniano (o Podólico) y el resto del cratón está cubierto por una cubierta sedimentaria del Proterozoico Tardío al Cuaternario desde el Norte hasta el Mar Caspio.

- **Restos del cratón Laurentia (o Cratón de América del Norte)** con edad Arcaica a Proterozoica temprana, situados hoy en el noroeste de Escocia y las Hébridas.

- **El cinturón Caledoniano** (ca. 450 – 400 My) se desarrolló en dirección noreste-suroeste marcando la colisión de los continentes del Proterozoico tardío de Fenosarmatia, Laurentia y Avalonia (un fragmento de Gondwana, norte de África) por el cierre de los Océanos Iapetus, Tornquist y Rheic. El cinturón de Caledonia contiene principalmente un arco insular del Paleozoico temprano, ofiolitas (costras oceánicas) y secuencias de márgenes continentales pasivos que colisionaron durante la orogenia del Silúrico Tardío (Caledonia). Las rocas metamórficas del cinturón de Caledonia se encuentran en las Caledonias irlandesas-escocesas-escandinavas, y luego golpean hacia el sureste hacia el norte de Alemania y Polonia, siguiendo el margen de la Plataforma Precámbrica de Europa del Este. Los restos del océano Rheic se encuentran en las Caledonias de Europa central, en los terrenos Sajoturingio y Moldanubio.

- **Los cinturones Varisco-Scithienses** se formaron durante el ciclo orogénico Hercínico, que tuvo lugar entre el Devónico y el Pérmico Temprano (ca.380-300 M). El cinturón Varisco se extiende desde la Península Ibérica, a través de Europa Occidental y Central, hasta la TESZ (Zona de Sutura Trans-Europea) en el margen suroccidental de Fenosarmatia. El cinturón Scithiense representa la extensión de las Variscidas a lo largo del margen sur de Fenosarmathia y está en gran parte incluido en el cinturón orogénico Alpino.

- **Los restos del orógeno Cimerio** se conservan en el norte de Dobrogea (en el sureste de Europa cerca del Mar Negro) y se extienden a través del sur de la península de Crimea hasta el Cáucaso, Turquía, Irán, Afganistán, Tíbet, Shan-Thai y la península de Malaca. Cimmeria era un antiguo archipiélago de microcontinentes (terrenos: Irán, Afganistán central, Karakorum, Qiangtang) que se separó de Gondwana en el Pérmico temprano y migró hacia el norte a través del Océano Tethys hasta las paleolatitudes subecuatoriales en el Pérmico medio-Triásico temprano, cuando se unió a Eurasia. formando el Orógeno Cimerio (Sengör, 1979; Bera y Angiolini, 2014)

- **El cinturón alpino** (hacia 120-0 My) comprende cadenas montañosas que se extienden desde la Cordillera Bética en la Península Ibérica, Sicilia, Apeninos, Alpes, Dinárides, Cárpatos, Balcanes y Helénidas y se puede rastrear más hacia el este de Asia como parte de la Sistema orogénico alpino-himalaya. Este complejo sistema orogénico se formó a través de la acumulación de microplacas continentales derivadas de Gondwana en la Europa estable más antigua durante el intervalo



Cretácico al Cenozoico, pero la orogenia alpina es todavía un proceso en curso.

- La **Región del Mediterráneo** representa un sistema complejo de microplacas continentales (por ejemplo, microplacas del Adriático o Apulia, los bloques Corso-Sardínico y Balear), separadas por cuencas de arco posterior Oligoceno-Neógeno en el Mediterráneo occidental y por la Neotethysiana, corteza oceánica mesozoica que forma el Mar Mediterráneo Oriental que actualmente está subduciendo debajo del Arco Helénico

- Numerosas **cuencas extensionales y de Rift** del Paleozoico tardío al Cenozoico de edades variables se desarrollaron en el basamento varisco de Europa.

- **La plataforma Moesia:** la posición de Moesia es algo incierta. Pudo haber pertenecido al Báltico o a Peri-Gondwana. La placa de Moesia podría haberse acumulado en el Báltico durante el Paleozoico temprano (Golonka et al., 2006).

- **El Mar Negro** se encuentra en la conjunción entre los cinturones orogénicos alpinos y cimérios. El Mar Negro occidental está sustentado por una corteza oceánica supuestamente de la edad del Cretácico Superior al Paleógeno. Por el contrario, el este del Mar Negro comprende una corteza orogénica que ha sido acortada por procesos tectónicos cenozoicos.

- **El vulcanismo intraplaca anorogénico del Mesozoico tardío y el Cenozoico** está muy extendido en el noroeste y el oeste de Europa. El vulcanismo y los plutones poco profundos del Cretácico tardío y del Terciario temprano se formaron en respuesta a las etapas iniciales de la apertura de los sectores del Atlántico norte del Océano Atlántico. El vulcanismo relacionado con los puntos calientes está muy extendido en Irlanda, Escocia, el macizo central francés, el escudo Rénico y el macizo de Bohemia del noroeste.

- **Un margen continental pasivo y un talud** miran hacia el Océano Atlántico y el Mar de Barents. El margen continental pasivo se formó en diferentes momentos durante el agrietamiento y posterior ruptura entre el Cretácico Medio-Tardío a lo largo de los sectores ibéricos del margen atlántico, y durante el Cretácico Tardío al Paleógeno en los sectores norte del margen atlántico.

## 2.2. Europa a través del tiempo.

### Europa Precámbrica

La historia precámbrica de las partes más antiguas (rocas) de Europa está relacionada con la historia de dos supercontinentes: Rodinia y Pannotia. El primer supercontinente neoproterozoico tardío, Rodinia ("la madre de todos los continentes") se formó durante el Evento de Grenville (ca. 1100 My) y se rompió hace unos 750 My, luego permaneció intacto durante aproximadamente 300 My, convirtiéndolo en un supercontinente de larga duración ( Scotese, 2009). El segundo supercontinente neoproterozoico tardío, Pannotia o Gran Gondwanaland ("todas las tierras del sur") se reunió hace 650-500 My durante el Evento Panafricano y había



comenzado a romperse ca. Hace 560 millones de años con la apertura del océano Jápeto, por lo tanto, fue un supercontinente de corta duración. Pannotia se dividió en los cuatro continentes principales del Paleozoico: Laurentia (Norteamérica), Baltica (norte de Europa), Siberia y Gondwana (Scotese, 2009). La reconstrucción y evolución de diferentes bloques continentales y supercontinentes se puede encontrar en Christopher Scotese, Paleomap Project (<http://scotese.com/>).

### **Las rocas precámbricas del continente europeo están representadas por:**

- Fragmentos del **cratón Laurentia** (o Cratón norteamericano) expuestos en el noroeste de Escocia y las Hébridas, representados por rocas magmáticas y metamórficas del Arcaico al Proterozoico Temprano;
- **Cratón de Europa del Este (o Fennosarmatia o Escudo Báltico)**, que comprende cuatro cinturones orogénicos de tendencia NW a SE principales (cf. Plant et al., 2005)
- **El orógeno de Kola-Karelia:** terrenos arcaicos fusionados por colisión entre 2,0 y 1,9 Gy;
- **El orógeno de Svecofennian:** rocas menores de <2,2 Gy (Giga-año: 1000My), que acumularon y sufrieron colisiones entre 2,0-1,8 Gy, y luego fueron reelaboradas por fusión de la corteza entre 1,8-1,54 Gy;
- **El orógeno de Goth:** rocas acumuladas entre 1,77-1,5 Gy;
- **El orógeno sveco-noruego:** rocas fechadas en 1,05-0,9 Gy que reelaboraron la mayor parte del orógeno gótico.
- La **orogenia cadomiana** entre 650-550 My (Precámbrico tardío) fue la última en la secuencia de eventos que formaron las rocas cristalinas de la base de Europa. Los bloques de la corteza continental generados durante la orogenia cadomiana se reconocen hoy en día dentro de los complejos de la base de Caledonian y Hercynian (por ejemplo, Macizo tectónico del mar de irlandés, la Plataforma de Londres, los cratones de Armórica y Bohemia, el bloque de Silesia Oriental, el Macizo de Malopolska del sudeste de Polonia) y las complejas bases de los Cárpatos Alpinos. Al final del Proterozoico, Europa se desplazó hacia las latitudes altas del sur (donde se estaba reuniendo el continente de Gondwana) y permaneció en estas latitudes durante la época del Cámbrico (Plant et al., 2005). La orogenia cadomiana provocó la deformación y eventos magmáticos de varios terrenos desde Iberia pasando por Armórica (noroeste de Francia), Erzgebirge (zona saxoturingia en Alemania), Macizo de Bohemia, Brunovistulicum y macizo de Malopolska (Chequia y sur de Polonia), y los Cárpatos hasta la zona de Transcaucaso. (Golonka et al., 2006). Para obtener más detalles y reconstrucción, se recomienda el siguiente sitio: <http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php>

<http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/>

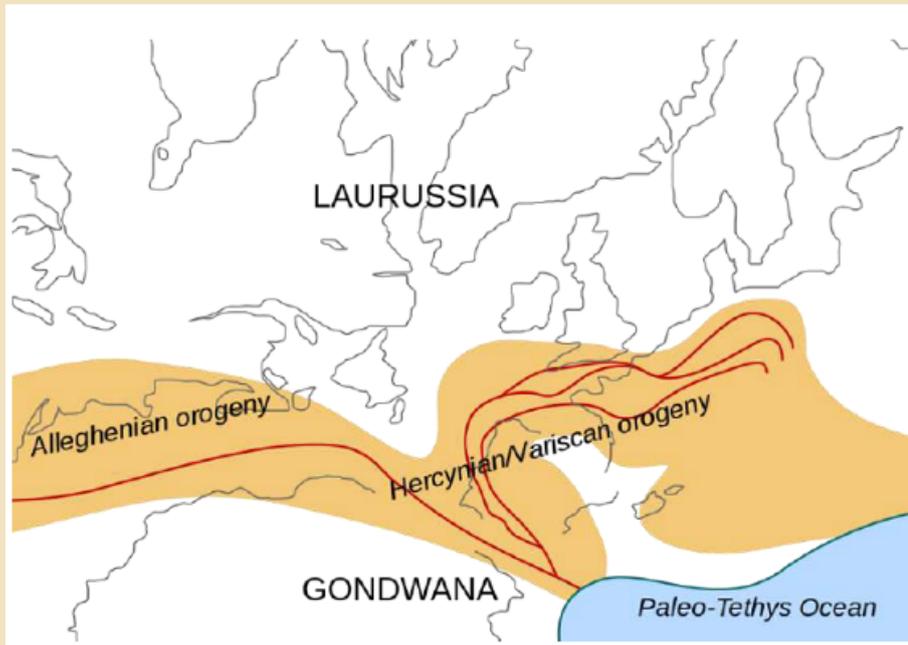
## Europa paleozóica

**Baltica** (norte de Europa) se originó como resultado de la desintegración del supercontinente Pannotia, que ocurrió durante el Cámbrico temprano. Baltica incluía parte de Polonia y áreas adyacentes ubicadas al noreste de la Zona de Sutura Transeuropea (por ejemplo, partes de Escania, Varsovia y el margen de los Cárpatos Orientales hasta el Mar Negro) (Golonka, 2015).

Durante el Cámbrico tardío, el intervalo de tiempo más temprano del Devónico ocurrió el ciclo orogénico de Caledonia que refleja la colisión de los continentes del Proterozoico tardío de Báltica, Laurentia y Avalonia, y marca los complejos cierres del océano Japeto. Las metamórficas Caledonidas irlandesas-escocesas-escandinavas forman un cinturón con tendencia NE-SO en el noroeste de Europa (Plant et al, 2005).

La máxima dispersión de los continentes (en el Paleozoico) se produjo a principios del Ordovícico. Entre Gondwana, Baltica, Avalonia y Laurentia, se formó una gran unidad oceánica longitudinal, conocida como el Océano Rheico. Avalonia era un continente probablemente derivado de Gondwana y se trasladó hacia el Báltico durante el Ordovícico temprano (Golonka, 2015). El continente de Avalonia estaba formado por partes de Nueva Inglaterra, el sur de Nuevo Brunswick, partes de Nueva Escocia, la península de Avalon en el este de Terranova, el sureste de Irlanda, el norte de Francia, Inglaterra, Gales, las Ardenas de Bélgica, partes del norte de Alemania, el norte -el oeste y posiblemente el sur de Polonia y algunos terrenos acumulados en el basamento de los Cárpatos orientales y en su antepaís (Golonka et al., 2006). Más tarde, a finales del Ordovícico o en el Silúrico temprano, Avalonia probablemente se unió a Báltica. El Silúrico fue la época de la orogenia Caledonica, cuando se produjo el cierre de los océanos del Paleozoico temprano, la colisión del Báltico con Avalonia y Laurentia y el origen del supercontinente Laurussia (Golonka, 2015).

**La orogenia varisca** es el mayor evento tectono-metamórfico del Paleozoico Medio a Tardío en Europa central, y el Macizo de Bohemia es la exposición más grande de rocas deformadas durante esta orogenia (figura 1.15). La orogenia varisca representa la colisión final de Gondwana con el continente norteño, Laurasia, y marca la versión europea de la evolución del supercontinente de Pangea al final del Paleozoico (McCann 2008). El término Varisco se refiere a la parte europea del orógeno herciniano o cinturón de pliegues, y se relaciona específicamente con el tiempo de consolidación del Carbonífero (finales de Viseaniense-Westfaliense). La extensión varisca en Europa occidental y central a principios del Devónico condujo al desarrollo de la Cuenca Reno-herciniana, con gran espesor de sedimentos devónicos y carboníferos (Plant et al, 2005).



**Fig. 1.15 - Ubicación de las cadenas montañosas hercínianas / variscas / aleganas en el medio del período Carbonífero. Las costas actuales se muestran como referencia. Las líneas rojas son suturas, los nombres en mayúscula son los diferentes continentes que se unieron durante estas orogenias. Literatura utilizada para hacer este mapa: Mate, P. ; 2001: El collage y orogenia varisca ( $480 \pm 290$  Ma) y la definición tectónica de la microplaca Armórica: una revisión, *Terra Nova* 13, 122-128. Ziegler, P.A. ; 1990: *Atlas geológico de Europa occidental y central*, Shell Internationale Petroleum Maatschappij BV (2nd ed.), ISBN 90-6644-125-9 [https://en.wikipedia.org/wiki/Variscan\\_orogeny](https://en.wikipedia.org/wiki/Variscan_orogeny)**

El cinturón orogénico Varisco se extiende en Europa occidental a lo largo de más de 3.000 km desde Portugal, Irlanda e Inglaterra en el oeste a través de España, Francia (Bretaña, Macizo Central, Vosgos y Córcega) y Alemania (Selva Negra, Harz) hasta el Macizo de Bohemia en la República Checa. Este cinturón contiene rocas y estructuras que indican su formación como resultado de la expansión del fondo marino, la subducción de la corteza oceánica y la colisión de placas. El engrosamiento de la corteza provocó la fundición de la corteza inferior y la formación de un gran número de granitos del Carbonífero tardío, especialmente en el Macizo Central. El engrosamiento de la corteza determinó el colapso extensional de la parte central del cinturón en el Macizo Central y el Macizo de Bohemia y llevó a la formación de cuencas carboníferas (en Silesia, Polonia) y el Macizo Central durante el Carbonífero y Pérmico. La unidad varisca más grande de Europa central es el Macizo de Bohemia, que representa el afloramiento más prominente de rocas prepérmicas. Se formó por la fusión de los terrenos de Armórica y su colisión final con Avalonia (Schulmann & Gayer 2000).



## Mesozoico y Cenozoico Europeo

Al comienzo del Mesozoico, durante el período Triásico, casi todos los continentes estaban concentrados en un solo supercontinente centrado más o menos en el ecuador y que se extendía de polo a polo, llamado Pangea ("toda la tierra"). Hace unos 250 millones de años se empezó a formar un nuevo océano en el extremo sur del océano Paleo-Tethys. Desde el este, a lo largo del ecuador, el océano Neo-Tethys penetró en Pangea, provocando el cierre del océano Paleo-Tethys. Más tarde, a mediados del Triásico, un mar similar penetró a lo largo del ecuador desde el oeste. El resto del océano se llamó Panthalassa ("todo el mar").

Durante los tiempos del Permo-Triásico no hubo separación de la corteza en Europa. Sin embargo, la presencia de estructuras de cuenca (al final del Pérmico y Triásico) proporcionó una indicación de la extensión de la futura ruptura del Jurásico, Cretácico y Cenozoico temprano de Pangea en las regiones del Ártico, Atlántico Norte y Central y Mediterráneo y, por lo tanto, inició una reorganización nueva y diferente de los límites de las placas. Algunas de las importantes cuencas del Pérmico continuaron evolucionando hacia el Triásico. Las rocas del Triásico consisten en lechos rojos marinos continentales y salobres, carbonatos marinos poco profundos, sulfatos y halitas. Un aumento en el nivel del mar se reflejó en los sedimentos del Triásico que sobrepasaban los márgenes de la cuenca del Pérmico, durante el Triásico. Un régimen clástico-evaporítico de la Cuenca del Noroeste de Europa fue sincrónico con el avance repetido de los sistemas deltaicos desde el Alto Fennoscandia y la CEE a través del norte del Mar del Norte, Dinamarca y las áreas del Mar Báltico Meridional, durante el Triásico Tardío (Plant et al., 2005)

La ruptura del supercontinente de Pangea comenzó a lo largo del eje del Atlántico central durante el período Jurásico. En Europa, los tiempos del Triásico Tardío-Jurásico Temprano comenzaron con una gran transgresión del Mar de Tethys y el establecimiento de una plataforma marina amplia y abierta que ocupó gran parte del sur de Alemania, la Cuenca de París, la región del Mar Céltico-Aproximaciones occidentales, el Mar de Irlanda, el sur y el centro del Mar del Norte, Dinamarca y el norte de Alemania. La apertura de nuevas cuencas oceánicas en el área mediterránea durante el Jurásico Medio y Tardío produjo la separación de Gondwana de Laurasia después de casi 100 Ma. La evolución del Jurásico medio y tardío de Europa occidental, central y parte del Este estuvo dominada por la extensión de la corteza a través del sistema de Rift del Atlántico norte y áreas adyacentes, acompañada por el desarrollo de un complicado sistema de Rift, cambio del patrón de estrés regional y cambios importantes en la paleogeografía.



Durante el Cretácico al Terciario, la etapa post-Varisca fue seguida por la tectónica extensional y compresional, relacionada con los movimientos de las placas entre Europa y África, que resultó en la orogenia alpina (Plant et al., 2005).

La orogenia alpina es una fase orogénica en el Mesozoico tardío y el Cenozoico que ha formado las cadenas montañosas Alpino-Himalaya. Estas montañas incluyen (de oeste a este) el Atlas, el Rif, la Cordillera Bética, la Cordillera Cantábrica, los Pirineos, los Alpes, los Apeninos, los Alpes Dináricos, los Pindus (Helenidas), los Cárpatos, los Balcanes y macizos de Rila-Ródope, las Montañas Pónticas Tauro, las Tierras Altas de Armenia, el Cáucaso, el Alborz, el Zagros, el Hindu Kush, el Pamir, el Karakoram y el Himalaya.

La orogenia alpina es causada por los continentes África e India y la pequeña placa Cimeria chocando (desde el sur) con Eurasia en el norte. Los movimientos convergentes entre estas placas tectónicas ya habían comenzado en el Cretácico temprano, pero las principales fases de formación de montañas comenzaron en el Paleoceno al Eoceno y el Mioceno.

## MÓDULO 3: Geomorfología de Europa

### 3.1. Introducción de accidentes geográficos y paisajes.

La superficie de la Tierra es muy diversa y está formada por una gran cantidad de elementos modelados por procesos naturales internos y externos. Durante los últimos milenios, las actividades humanas comenzaron a influir cada vez más en el medio ambiente natural superficial. Los resultados de todas estas actividades han generado lo que llamamos accidentes geográficos y paisajes.

Un **paisaje** está relacionado con las actividades humanas y la forma en que estas actividades transformaron las formas naturales (figura 1.16). En términos generales, un paisaje es la totalidad de características de un área, características que podemos ver y analizar teniendo en cuenta el origen, la evolución, la importancia, los valores culturales y científicos y podría ser considerado como un componente de la identidad local y generar un sentido de lugar. Un paisaje incluye elementos físicos como montañas, colinas, valles fluviales, lagos, estanques, orillas del mar y elementos vivos de la cobertura terrestre, incluidas plantas, árboles, animales, elementos humanos e infraestructura de edificios de uso de la tierra autóctonos. Adicionalmente podemos considerar elementos transitorios como iluminación, condiciones climáticas, instalaciones efímeras, arte de la tierra, etc.

Un **accidente geográfico** se caracteriza por las características naturales de un paisaje mencionado anteriormente y caracterizado por su origen natural: elementos tectónicos y estructurales, erosión, rocas y fenómenos geológicos como volcanes, deslizamientos gravitacionales y ambientes deposicionales (figura 1.17)



**Fig. 1.16 -- Paisaje en Hateg Country UGGp. Formas terrestres de rocas volcánicas y sedimentarias transformadas por actividades humanas**



**Fig. 1.17 - Afloramiento de rocas sedimentarias a lo largo del valle de Sibisel y las montañas Retezat en segundo plano. Hateg UGGp.**

### 3.2. 1.1. Forma de la superficie de la Tierra: procesos y formas.

La superficie de la Tierra se encuentra en la intersección de la litosfera, la biosfera, la hidrosfera y la atmósfera, y está continuamente influenciada por factores internos y externos. La superficie de la Tierra cambia continuamente bajo la influencia de dos conjuntos de procesos: internos y externos. Los externos conducen principalmente a la denudación que implican los procesos que provocan el desgaste del material de construcción por el agua, el hielo, el viento, la gravitación y las actividades biológicas, lo que lleva a una reducción de la elevación. La construcción de rocas por actividades orgánicas también podría considerarse un proceso externo con impacto positivo de construcción, con gran impacto en algunos momentos de la evolución de la Tierra (por ejemplo, construcciones de algas o arrecifes). Los procesos internos incluyen la elevación de montañas, volcanes, rebote post-glacial, hundimiento y formación de cuencas sedimentarias, crecimiento de la corteza en las dorsales oceánicas, fisuras continentales y cuencas tectónicas. La superficie de la Tierra y su relieve y paisaje están controlados por procesos climáticos, tectónicos, hidrogeológicos y biológicos, incluida la actividad humana.

#### 3.2.1. Estructuras geológicas y accidentes geográficos (placas tectónicas, volcanes, fallas y pliegues, formas de impacto) en Europa.

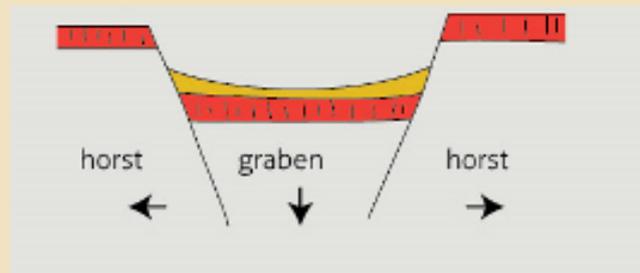
Los accidentes geográficos son formas superficiales que podemos medir y mapear. Los accidentes geográficos superficiales que llamamos montañas, colinas o valles podrían tener diferentes contextos geológicos (véanse las figuras 1.18 a 1.21). Por ejemplo, lo que llamamos una forma de relieve positiva, una montaña con una elevación de más de 1000 metros, podría estar formada por diferentes procesos geológicos: colisión y acreción de placas (figura 1.18), grandes fallas normales que generan fosas y macizos tectónicos (figura 1.18); sucesivas erupciones volcánicas (figura 1.20); erosión prolongada (figura 1.21).

Los accidentes geográficos se pueden considerar a diferentes escalas. Los accidentes geográficos a gran escala incluyen montañas, llanuras, glaciares, cordilleras oceánicas, volcanes, ríos y deltas. Los accidentes geográficos pequeños incluyen colinas, lagos, valles, cráteres de impacto. Los accidentes geográficos a gran escala son generados por movimientos de placas tectónicas y los locales por erosión y / o construcciones bioquímicas.

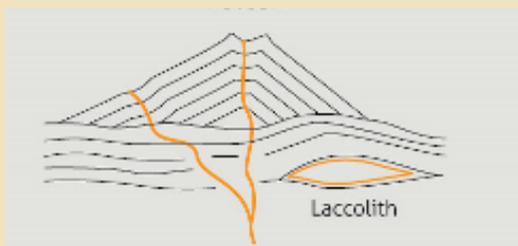
Ejemplos de accidentes geográficos a gran escala generados por mecanismo de placas son (figura 1.22): continentes (relacionados principalmente con la corteza continental), océanos (áreas superpuestas con corteza oceánica), montañas (relacionadas con zonas de colisión), arcos volcánicos y fosas (relacionadas con la subducción), dorsales oceánicas (relacionadas con zonas divergentes), hilera de volcanes (relacionados con puntos calientes), valles de rift (relacionados con el inicio del límite de placa en zonas extensionales), y cuenca pull-apart (relacionada con la extensión de la corteza continental)



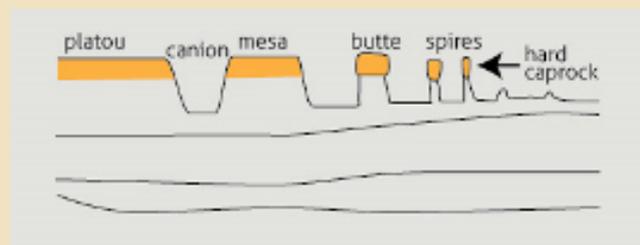
**Fig. 1.18. - Forma de relieve de montaña generada por colisión y subducción de placas**



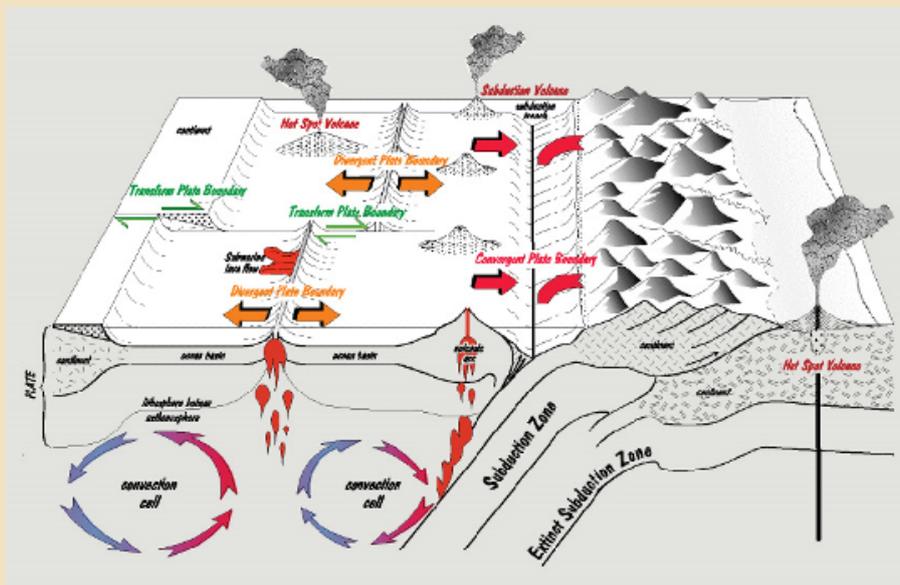
**Fig. 1.19. - Forma de relieve montañoso generada por extensión y generación de fallas normales**



**Fig. 1.20. - Montañas generadas por erupción volcánica**



**Fig. 1.21. - Tipo de relieve de montaña generado por denudación regional a largo plazo**



**Fig. 1.22 - Relación entre la tectónica de placas y los accidentes geográficos.**  
(Rediseñado de <http://www.glogster.com/buddygor/plate-tectonics-project/>)

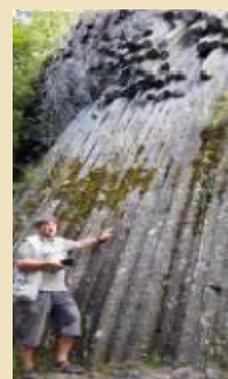
Los accidentes geográficos relacionados con los volcanes lo están con la erupción de lava. Ejemplos de accidentes geográficos son: volcán, cráter, meseta de lava, caldera, lagos de cráteres volcánicos, maars, accidentes geográficos piroclásticos, diques, , islas volcánicas, volcanes de lodo (figura 1.23 a 1.27).



**Fig. 1.23 - Lago volcánico (Azores UGGp)**



**Fig. 1.24 - Maar (Vulkaneifel UGGp)**



**Fig. 1.25 - Columna Basáltica (Novohrad-Nograd UGGp)**



**Fig. 1.26 - Formaciones terrestres de volcanes de lodos (Buzau Land Aspiring Geopark)**



**Fig. 1.27 - Cuello Volcánico (Uroi, Romania)**

Accidentes geográficos relacionados con fallas y pliegues. Los pliegues y fallas son elementos estructurales generados por la deformación plástica o frágil de las rocas. En las figuras 1.28 a 1.31 hay ejemplos de pliegues y fallas. Otros accidentes geográficos son: Macizo tectónico, Fosa tectónica, rift y cuesta.



**Fig. 1.28 - Rocas plegadas en Forest Fawr UGGp. (Anticline)**



**Fig. 1.29 - Rocas plegadas en Haute Provence UGGP (Syncline)**



**Fig. 1.30 - Serie Monoclinial – Basque Coast UGGp**



**Fig. 1.31 - Pliegues generados por la capa de hielo (Danemark)**

### 3.2.2. Meteorización: procesos físicos, químicos y biológicos..

Todas las rocas que afloran en la superficie de la Tierra están sujetas a la intemperie, un proceso que degrada los componentes debido a la acción de organismos físicos, químicos y biológicos, incluidos los humanos, sin movimiento de los componentes resultantes. El proceso de erosión implica el movimiento de rocas expuestas o componentes de rocas por agentes externos como: gravedad, agua, hielo, viento, nieve, olas. Las partículas resultantes se transportan a otros lugares formando sedimentos (figuras 1.32 y 1.33).



**Fig. 1.32 - Meteorización física y biológica (humana) (Capadocia, Turquía)**



**Fig. 1.33 - Meteorización química (disolución en una masa de sal) aspirante a Geoparque tierra de Buzau, Rumania**

### 3.2.3. Denudación y deposición: laderas, paisaje fluvial, paisaje glaciar, paisaje eólico, paisaje costero, paisaje kárstico.

**La denudación y la deposición** están controladas por fuerzas gravitacionales y por el agente de transporte. La denudación es el proceso que provoca el desgaste de los componentes de la corteza terrestre por diferentes agentes: agua, gravedad, hielo, viento. La denudación contribuye a la exhumación de cuerpos rocosos magmáticos y metamórficos profundos. El proceso está controlado por la elevación general de un área, las condiciones del paleoambiente y la intensidad de los agentes de denudación. La deposición está controlada por la gravedad y todas las partículas sedimentarias intentarán acumularse en la posición de energía potencial más baja. Con base en esta observación muy simple y fundamental, Nicolas Steno enunció algunos principios inductivos con gran impacto en las observaciones de campo y el análisis geológico de un área (ver módulo 4). Los principios son: el principio de superposición; Principio de horizontalidad inicial; Principio de continuidad de estratos; Principio de continuidad lateral. Estos principios se utilizan para identificar cualquier tipo de deformación después de la deposición y las fuerzas relacionadas y para la datación relativa de los cuerpos de rocas.

**Las laderas** son los flancos de un valle donde la roca y el suelo se transportan hacia abajo, generalmente a un canal de río (figura 1.34).

**El paisaje fluvial** se genera por la evolución de un sistema fluvial. Evoluciona mediante un equilibrio entre levantamiento tectónico, erosión, clima, acumulación de sedimentos y actividades humanas. La deposición está controlada por la cantidad de sedimentos transportados por el río y sus afluentes, la tasa de erosión, la velocidad del río, las pendientes y la descarga (figura 1.35).

**El paisaje glaciar** se genera por la acción del hielo (figuras 1.36 y 1.37). Hay dos formas principales de acción del hielo: los casquetes polares y los glaciares (en las zonas montañosas). El avance y la descarga de la capa de hielo generan accidentes geográficos específicos y la descarga de grandes bloques de rocas (canto rodado errático). La acción de los glaciares genera valles en forma de U y grandes cantidades de fragmentos de roca sin clasificar (morrenas).

**El paisaje costero** se ubica en la zona de transición entre dominios continentales y oceánicos influenciados por las actividades humanas (figura 1.38). La forma de relieve está controlada por la acción del viento y la erosión de las olas y está influenciada por el tipo de roca, el clima y los cambios en el nivel del mar.

**El paisaje eólico** se genera por la acción del viento que provoca la erosión y el depósito de grandes cantidades de arena y polvo, en zonas áridas (figura 1.39). Los depósitos eólicos antiguos se reconocen debido a estructuras internas específicas (estratificación cruzada), morfología de granos de arena y color específico.

**Los accidentes geográficos kársticos** se generan por la disolución de rocas existentes. El proceso está influenciado por las condiciones climáticas, la tectónica y la litología. Las más frecuentes se forman en calizas, dolomías, yesos y sal, rocas con mayor tasa de disolución en las condiciones climáticas actuales. Los accidentes geográficos kársticos típicos son los valles kársticos, cuevas, sumideros, poljes, dolinas, torres kársticas.



**Fig 1.34 - Laderas (Aspromonte aspirante a Geoparque, Italia)**



**Fig. 1.35 - Paisaje Fluvial (Haute Provence UGGp, Francia)**



**Fig 1.36 - Forma de relieve glacial (Alps, Austria)**



**Fig 1.37 - Erosión de la capa de hielo y rocas erráticas (Gea Norvegica UGGp, Noruega)**



**Fig 1.38 - Paisaje costero (Azores UGGp, Portugal)**



**Fig 1.39 - Paisaje eólico (Marruecos)**

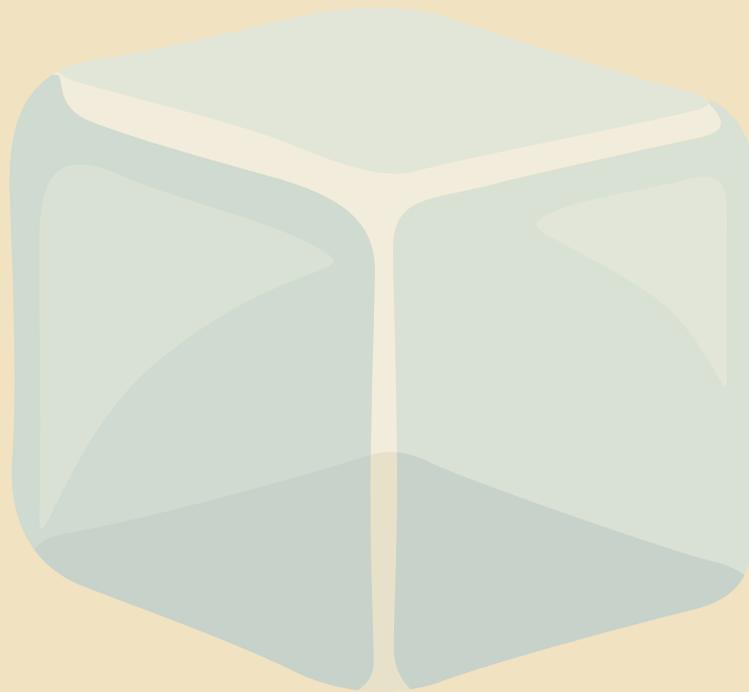
### 3.3. Edad del hielo en Europa y accidentes geográficos relacionados.

Durante el tiempo geológico, la Tierra ha enfrentado grandes intervalos de temperaturas cálidas y frías llamadas períodos de interglacial y períodos de la era del hielo. Durante los intervalos fríos se desarrollan grandes casquetes polares y glaciares de montaña. En intervalos cálidos, la cantidad de hielo es relativamente pequeña y supone que en algunos intervalos incluso los casquetes polares están totalmente fundidos. El último intervalo climático frío comenzó hace 2,58 millones de años y se conoce como Glaciación Cuaternaria o Edad de Hielo Cuaternaria. Durante esta edad de hielo, la temperatura de la superficie de la Tierra se redujo y los casquetes polares y los glaciares de montaña se extendieron.

Durante la Edad del Hielo hay intervalos más severos y más templados que llamamos períodos glaciales e interglaciales. Estos períodos tienen diferentes nombres para el norte de Europa y la zona alpina. El último período glacial abarca el intervalo de hace 115.000 a 11.700 años. El final del último intervalo frío está marcado por el comienzo del Holoceno, una época geológica caracterizada por el continuo derretimiento de glaciares y casquetes polares y el rápido desarrollo de la civilización humana.

Los paisajes glaciales estaban dominados por casquetes de hielo de varios kilómetros de grosor, y glaciares que cubrían los picos más altos. La temperatura global era varios grados más baja que en la actualidad, y el nivel del mar unos 100m por debajo del actual.

Los accidentes geográficos típicos de los glaciares (casquetes polares y glaciares de montaña) son: Circo: un valle de forma elipsoidal formado por la erosión glacial; Drumlin: colina alargada creada por la erosión de un glaciar sobre las rocas del sustrato; Esker – pared: cresta larga y estratificada de arena y grava debido a la acción de los glaciares; Terrazas glaciales: terrazas que flanquean los lados de los valles fluviales; Bloques erráticos: grandes bloques de rocas transportados por el hielo durante kilómetros; Morrena: escombros glaciares no consolidados y sin clasificar; Línea de corte: la línea a los lados de un valle que marca la extensión más alta de un glaciar; Valle glacial: Valle en forma de U formado por un glaciar; Lagos glaciares: lagos formados detrás de una presa natural formada por morrenas glaciares.



## MÓDULO 4: Otros elementos geológicos de Europa

### 4.1. Geología y Cultura en Europa.

La Geología, como ciencia, es parte de la cultura humana. Todos los grandes descubrimientos geológicos podrían considerarse hitos en la evolución de nuestra sociedad moderna, que han dejado huella en la economía, la biología, la geografía, la vida social, la astronomía, la historia, la filosofía, la literatura y el arte. Los momentos y las personas clave forman parte de un patrimonio cultural inmaterial común y también, podrían considerarse fuentes de inspiración y comprensión de cómo funciona la ciencia. Sus descubrimientos y sus historias son activos valiosos en el desarrollo de productos y actividades de geoturismo y educativos. A continuación, se presentan algunos de los primeros científicos europeos que desempeñaron un papel clave en el desarrollo de la geología y la paleontología:

**Nicolas Steno** fue el primero en describir en 1666 algunos principios para definir diferentes relaciones temporales y espaciales de los cuerpos geológicos: ley de superposición, principio de horizontalidad original y principio de continuidad lateral. Estos principios todavía se utilizan y representan una muy buena herramienta en observaciones e interpretación de campo.

**James Hutton** finales del siglo XVIII, es considerado el padre de la geología y fue el primero en presentar argumentos lógicos sobre la formación y la evolución de las rocas. Basado en observaciones reales, Hutton demostró cómo los procesos de sedimentación y erosión podrían ayudarnos a comprender la evolución de la Tierra. Un punto clásico, ahora un famoso lugar de patrimonio geológico, es Siccar Point, donde las relaciones de diferentes capas de rocas inclinadas indican un largo tiempo geológico (ver <https://www.eoas.ubc.ca/courses/eosc326/resources/Stratigraphy/Siccar.htm>). Es la razón por la que a Hutton se le llama El hombre que encontró el tiempo (Repcheck, 2003).

**William Smith** principios del siglo XIX, fue el primero en descubrir la conexión entre rocas y fósiles y en afirmar que la





capa sedimentaria podía identificarse por su contenido fósil. Produjo el primer mapa de Gran Bretaña, un mapa que cambió el mundo (Whinchester, 2001).

**Charles Lyell** continuó el trabajo de Hutton y en su libro fundacional “Principles of Geology” en tres volúmenes publicados entre 1830-1833 explicó los continuos cambios de la superficie de la Tierra por causas naturales. Los procesos que están ocurriendo hoy son los mismos procesos que ocurrieron en el pasado. Este concepto se conoce como uniformismo y se puede resumir: “el presente es la clave del pasado”.

**Georges Cuvier** es el padre fundador de la paleontología. Pudo, usando anatomía comparada y paleontología, reconstruir animales a partir de uno o pocos huesos. Sugirió que la extinción de especies se debe a eventos catastróficos periódicos y se convirtió en el defensor más influyente de la teoría del catastrofismo..

**William Buckland** fue el primero en describir un dinosaurio fósil, al que llamó Megalosaurus, a principios del siglo XIX.

**Mary Anning** era conocida y famosa en todo el mundo por los importantes hallazgos paleontológicos en el área de Lyme Regis (costa de Dorset) durante la primera parte del siglo XIX. Encontró una gran cantidad de ammonites, belemnites y el primer esqueleto de plesiosaurio y, por primera vez en el Reino Unido, restos del reptil pterosaurio volador.

**Charles Darwin** también fue geólogo y es más conocido por sus contribuciones a la ciencia de la evolución. Fue una de las figuras científicas más destacadas del siglo XIX y su teoría de la evolución por selección natural publicada en El origen de las especies, en 1859, sigue vigente.

**Alfred Wegener** un meteorólogo y geofísico alemán, fue el primero en presentar en 1912 su idea sobre la hipótesis de la deriva continental. Basado en similitudes para tipos de rocas y fósiles que encontró en ambos lados del Océano Atlántico, asumió que África y América estaban unidas en el pasado geológico. En su libro “La formación de los continentes y océanos”, publicado en 2015, afirmó que casi todas las masas continentales estaban unidas en un momento en un supercontinente (Pangea, toda la tierra).

**A finales de los 60` el modelo de la tectónica de placas** fue finalmente aceptado después de importantes descubrimientos en geofísica, sedimentología, paleontología. Construido sobre el concepto de los movimientos de las placas litosféricas sobre la astenosfera, la expansión del lecho marino, la deriva continental, el modelo explica la mayor parte de los procesos geológicos de la Tierra. Fue un gran avance y muchos modelos antiguos debieron reinterpretarse.

## 4.2. Objetos de piedra: patrimonio inmaterial de los geoparques europeos.

Una forma fascinante de expresar la geodiversidad local y su papel en la configuración de la identidad local es descubrir y contar las historias a través de objetos hechos de materias primas, de rocas y minerales. Producir la mayoría de los objetos que nos rodean, ya sean valiosos o funcionales, requiere el uso de rocas y minerales. Un objeto hecho en piedra revela tres historias que involucran las relaciones entre el uso de recursos geológicos y objetos hechos por el hombre.

**La historia geológica** se refiere a los procesos naturales que conducen a la formación de tipos de rocas y minerales específicos. Millones o cientos de millones de años separan el origen de las materias primas y el momento en que las personas las utilizaron para crear objetos.

**La historia antropológica** revela cómo las comunidades locales utilizaron los recursos geológicos para crear objetos decorativos y / o funcionales que expresan su sentido de lugar e identidad única. Los objetos hechos con piedra de diferentes geoparques podrían expresar la diversidad geológica de Europa y diferentes técnicas locales en el uso de materiales terrestres. Cada geoparque podría identificar objetos locales hechos con piedras y sus historias relacionadas. Estos podrían utilizarse como una herramienta importante en la interpretación y promoción de la geología y la cultura locales de Europa y podrían integrarse en las actividades de geoturismo. En la tabla siguiente se presentan pocos ejemplos.

Age / Geopark	Description	Object / Photo
CZ / <b>Neogeno</b> Country <b>UGGp</b>	<b>Hateg</b> Cerámica local tradicional basada en la extracción de arcilla que posteriormente es transformada en objetos de la forma requerida y calentándolos a altas temperaturas en un horno. Hace un siglo en el pueblo de Baru Mare se registraron 22 tornos de alfarero. La arcilla formada en un medio acuático es del Mioceno Medio.	<b>Cerámica Baru Mare</b>
MZ / <b>Jurasico</b> NZ / <b>Paleogeno</b> Provence <b>UGGp</b>	<b>Haute</b> Las tejas curvas son bien conocidas en la zona de la Alta Provenza. Durante los siglos XVIII y XIX se contaron más de 110 productores locales con una importante contribución a la economía local. A menudo se dice que la forma curva característica de la teja romana fue formada por un hombre envolviendo la arcilla sobre su muslo desnudo. Esto puede ser cierto o no, pero describe perfectamente la forma. Las tejas, que aún se utilizan, ahora se producen en fábricas industriales.  La arcilla proviene de depósitos sedimentarios locales de diferentes edades, pero los más importantes tienen 180 millones de años y 25 millones de años, ambos acumulados en el antiguo mar de <b>Tethys</b> .	<b>Tejas curvas</b>

<p><b>CZ / Neogeno</b></p> <p><b>Haute Provence UGGp</b></p>	<p>La loza de <b>Moustiers</b> se hizo famosa en todo el mundo gracias a su fina loza vidriada producida en los siglos XVII y XVIII. Reconocible por sus distintivos diseños florales, la artesanía se perpetúa hoy en día gracias a una serie de talleres locales. El objeto se fabrica en un torno de alfarero y luego se cuece a más de 1000 ° C. Posteriormente se sumerge en un baño de esmalte, cubriendo la olla con un frágil polvo blanco. La delicada obra de arte se pinta sobre el esmalte en polvo con un pincel y luego se cuece por segunda vez para fusionar el esmalte y los óxidos de colores.</p> <p>La arcilla local utilizada por los productores se ha acumulado como rocas sedimentarias hace más de 10 millones de años en los lagos locales. Todo el cuerpo sedimentario generado durante la evolución geológica del área se denomina Complejo <b>Valensole</b>.</p>	<p><b>Loza de Moustiers</b></p>
<p><b>PZ / Pérmico</b></p> <p><b>Muskau Arch UGGp</b></p>	<p>Producto de una fábrica de vidrio fino. El cuarzo se ha fundido gracias al fundente potásico, para hacer que el vidrio sea más duro y apto para el grabado. Se utilizó en las mejores mesas aristocráticas durante el siglo XIX, gracias a su alto valor artístico y dureza.</p> <p>El cuarzo hialino puro de la antigua cantera del Valle de <b>Borzaño, geositio</b> del Geoparque Mundial de la UNESCO <b>Adamello</b>. Brenta, es un mineral fino, desprovisto de escorias, adecuado para la producción de cristal. La vena de cuarzo se deriva del magma pérmico que se elevó y posteriormente se enfrió dentro de la corteza hace unos 270-80 millones de años..</p>	 <p><b>Copa de cristal</b></p>
<p><b>PZ /</b></p> <p><b>Favr del bosque carbonifero UGGp (UK)</b></p>	<p>Los ladrillos refractarios de sílice, producidos por las ahora abandonadas fábricas de ladrillos <b>Penwyll</b>, fueron esenciales para la producción de hierro y acero a fines del siglo XIX y principios del XX. Los ladrillos, que sobreviven a temperaturas de hasta 1700 ° F, revestían los hornos de hierro y acero.</p> <p>Las plantas de fabricación en el sur de Gales y en toda Gran Bretaña. También se exportaron a todo el mundo. Los ladrillos refractarios estaban hechos de arena y grava, probablemente derivados de areniscas carboníferas <b>Twrch</b> de aproximadamente 323 a 315 años de antigüedad profundamente erosionadas. La arena y la grava mezcladas con cal y agua se moldearon en moldes de hierro fundido, se extruyeron, se secaron y, una vez fraguadas, los ladrillos se apilaron en hornos y se hornearon durante tres semanas.</p>	<p><b>Ladrillos refractarios</b></p>

<p><b>CZ / Neogeno</b> <b>Sitia</b> <b>UGGo</b> <b>(GR)</b></p>	<p>Cocinaban su comida a fuego abierto en espacios interiores y exteriores (ca. 1900-1450 aC). La gente usaba ollas de cocina con trípode para preparar sopas aguadas o guisos más espesos para hervir a fuego lento sobre una chimenea. En excavaciones en el este de Creta, los arqueólogos han encontrado restos de lentejas, liebres salvajes, huesos de cabra, pequeños huesos de pescado, lapas en estas ollas.</p> <p>El material procedía de una peculiar roca con capas intercaladas de conglomerado rojizo, arenisca y arcilla. Se formaron hace aproximadamente 10-8,5 millones de años. Durante un largo periodo de tiempo, los lugareños han explotado estas rocas y las han utilizado para crear artesanías y otros materiales útiles.</p>	
<p><b>MZ / Jurásico</b> <b>Geoparque de los Alpes de Suabia</b> <b>UGGo</b> <b>(DE)</b></p>	<p>La gente de la Edad de Piedra de los Alpes de Suabia, los neandertales y los humanos modernos, usaban el sílex para fabricar herramientas. Incluso inventaron una técnica para mejorar las características del material calentándolo. También el famoso Arte de la Edad de Hielo de 40, 000 años de la Jura de Suabia, fueron talladas figuritas de marfil de mamut, con herramientas de sílex.</p> <p>El sílex jurásico es el sílex de la Jura de Suabia, que generalmente se encuentra en forma de nódulos brillantes. Como estas concreciones consisten en material silíceo insoluble, aparecen cuando se ha eliminado la piedra caliza soluble circundante. Sus características son su dureza y bordes rotos extremadamente afilados</p>	 <p><b>Jurahornstein/ Sílex jurásico</b></p>
<p><b>MZ/ Cretácico</b> <b>Massif des Bauges</b> <b>UGGo</b> <b>(FR)</b></p>	<p>Durante el siglo XIX, el <b>Massif des Bauges</b> se especializó en la fabricación de clavos. Esta industria estaba vinculada a la presencia de pequeños depósitos de hierro en algunas partes del paisaje kárstico. La abundancia de madera en una zona de bosque espeso y la presencia de arroyos de montaña ayudó a la industria a competir con la posterior importación de un yacimiento más rico de la vecina zona del macizo de <b>Hurtières</b>.</p> <p>Los depósitos de hierro se encuentran en algunos de los principales relieves de las calizas <b>urgonianas</b>, en forma de nódulos o empastes de fracturas. Estos depósitos, asociados con eventos <b>siderolíticos</b>, fueron atrapados por un <b>paleokarst</b> temprano, antes de la Orogenia Alpina.</p> <p>El alto contenido de hierro permitió la producción industrial muy temprana, con hornos bajos rudimentarios.</p>	 <p><b>clavos y escoria</b></p>
<p><b>Pz / Ordovícico</b> <b>Paraiso bohemio (CZ)</b></p>	<p>Desde la época medieval, las filitas del complejo cristalino <b>Železný Brod</b>, fueron de gran importancia económica en la parte noroeste del Geoparque Global de la UNESCO del Paraiso de Bohemia, como lo documentan las enormes canteras ya abandonadas. El material extraído allí se utilizó para techos de alta calidad. Las pruebas técnicas demostraron su dureza, resistencia y durabilidad únicas bajo temperaturas fluctuantes.</p> <p>Las filitas del complejo cristalino de <b>Železný Brod</b> son rocas metamórficas, de capas delgadas y generalmente de color verde grisáceo o violáceo. Se originaron durante el Periodo Ordovícico como lutitas arcillosas de aguas profundas y se metamorfosearon durante la Orogenia <b>Varisca</b> al final del Devónico. En raras ocasiones, en estas rocas se pueden encontrar <b>icnofósiles</b> del Ordovícico y también fósiles corporales.</p>	



### 4.3. Glosario de Geología

#### A

**'A'ã lava:** Tipo de flujo de lava que se enfría formando una superficie fragmentada, rugosa, a veces espinosa o en bloques.

**Actividad volcánica:** Los volcanes pueden estar activos, inactivos o extintos. Los volcanes activos todavía tienen erupciones. Los volcanes inactivos tienen erupciones poco frecuentes y los extintos ya no tienen erupciones

**Acuífero:** Cualquier formación geológica que contenga o permita la circulación de agua subterránea, especialmente una que suministre el agua para pozos, manantiales

**Agua:** Líquido incoloro, transparente e inodoro que forma los mares, lagos, ríos y la lluvia y es la base de los fluidos de los organismos vivos. Un compuesto de hidrógeno y oxígeno (H<sub>2</sub>O), que se congela a 0 ° C y hierve a 100 ° C.

**Agua juvenil:** Agua que nunca antes había formado parte del ciclo hidrológico.

**Agua subterránea:** Toda el agua contenida en el espacio vacío dentro de las rocas. La mayor parte del agua subterránea proviene de fuentes superficiales; es el agua presente debajo de la superficie de la Tierra en los espacios porosos del suelo y en las fracturas de las formaciones rocosas. Una unidad de roca o un depósito no consolidado se denomina acuífero cuando puede producir una cantidad utilizable de agua).

**Aguas subterráneas:** Suministro de agua que puede ser desarrollado por cualquier tipo de pozo o manantial bajo la superficie del suelo, ya sea que el agua fluya del pozo o manantial por fuerza natural o sea extraída por bombeo, otro dispositivo mecánico o proceso artificial.

**Andesita** - Es una roca volcánica ígnea extrusiva, de composición intermedia, con textura afanítica a porfídica. La andesita es el tipo de roca intermedia entre el basalto y el granito, con un contenido de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) que varía de 57 a 63%. Las andesitas son típicas de los domos de lava y los estratovolcanes.

**Anillo de toba:** Uno de los resultados de las erupciones freatomagmáticas. Por lo general, tienen menos de 50 m de altura y están definidos por cráteres con una pequeña relación de profundidad a ancho en el nivel del suelo o por encima de él y bordes de baja expulsión de escombros hidroclásticos.



**Anticlinal:** Deformación de los cuerpos rocosos que genera un pliegue convexo hacia arriba.

**Árboles de lava:** Capa de lava alrededor del tronco de un árbol que deja un flujo de lava líquida invasora.

**Arco volcánico:** Es una cadena de volcanes formada por encima de una zona de subducción, dispuesta en forma de arco. Los volcanes de la costa forman islas, lo que resulta en un arco de islas volcánicas. Generalmente, los arcos volcánicos son el resultado de la subducción de una placa tectónica oceánica debajo de otra placa tectónica oceánica. El agua en la placa oceánica reduce drásticamente el punto de fusión del manto. La placa oceánica subducida está sujeta a presiones cada vez mayores a medida que aumenta la profundidad. La presión comprime el agua de la placa y la introduce en un manto. Aquí el manto se derrite y forma magma en profundidad bajo la placa superior. El magma asciende para formar un arco de volcanes, paralelo a la zona de subducción.

**Astenosfera:** La región altamente viscosa, mecánicamente débil y dúctilmente deformable del manto superior de la Tierra. Se encuentra debajo de la litosfera, a profundidades de aproximadamente 80 a 200 km por debajo de la superficie.

**Avalancha (nieve, roca o aire y nieve):** Es un flujo rápido de nieve por una superficie inclinada. Los deslizamientos de rocas o escombros, que se comportan de manera similar a la nieve, también se conocen como avalanchas.

## B

**Basalto** - El tipo más común de roca volcánica extrusiva, con textura afanítica con un contenido de sílice relativamente bajo (45-55%) y típicamente erupcionó en escudos de volcanes (pero hay muchos conos de ceniza basáltica, anillos de toba, etc.).

**Batolito:** Una gran masa de roca ígnea intrusiva que se forma a partir del magma enfriado en las profundidades de la corteza terrestre y que puede quedar expuesta debido al levantamiento y la erosión.

**Bomba volcánica:** Bloque volcánico de apariencia aerodinámica, a menudo expulsado en estado fundido.

**Bloque hundido:** Cuando las rocas se deslizan unas sobre otras en la falla, el bloque de abajo se llama bloque hundido.



**Bloque volcánico** - Una pieza sólida de roca, que mide más de 64 mm y que ha sido expulsada de un volcán durante una erupción y existía antes de la expulsión.

**Buzamiento de un plano de falla:** Ángulo de inclinación medido desde la horizontal, dado por el número (0 ° -90 °).

## C

**Cabalgamiento:** Son fallas inversas con buzamiento inferior a 45 °.

**Caída de rocas:** Es la caída libre de rocas desde un acantilado empinado. Los fragmentos de roca caen de la cara del acantilado debido a la acción de la gravedad.

**Caldera:** Una gran depresión en forma de caldero que se forma después de la evacuación de una cámara / depósito de magma. Cuando entran en erupción grandes volúmenes de magma durante un corto período de tiempo, se pierde el soporte estructural de la corteza sobre la cámara de magma. La superficie del suelo luego colapsa hacia abajo en la cámara de magma parcialmente vacía, dejando una depresión masiva en la superficie (de uno a decenas de kilómetros de diámetro).

**Caldera:** Una abertura de ventilación o cráter muy grande causada por el colapso de la cima de un volcán.

**Cámara de magma:** un depósito de magma en la corteza terrestre donde el magma puede residir temporalmente en su camino desde el manto superior a la superficie de la tierra.

**Cámbrico** - el primer período geológico de la Era Paleozoica, del Eón Fanerozoico. Antes del Cámbrico, la mayoría de los organismos vivos en general eran pequeños, unicelulares y simples. Los organismos complejos y multicelulares gradualmente se hicieron más comunes. Explosión cámbrica: una explosión dramática de cambios evolutivos de la vida en la Tierra.

**Carbonífero** - un período geológico que abarca 60 millones de años desde el final del Devónico (hace 359 millones de años) hasta el comienzo del Pérmico. El nombre significa "carbón". El Carbonífero se trata a menudo en América del Norte como dos períodos geológicos, el anterior del Misisipiense y el posterior del Pensilvaniense. La vida terrestre estaba bien establecida por el Carbonífero.



**Ceniza volcánica:** En una erupción volcánica, el magma es eyectado por gases y vapor volcánicos. Los productos son gases volcánicos, lava, vapor y tefra (fragmentos). El material sólido que se produce y se lanza al aire se denomina tefra, independientemente de la composición o el tamaño del fragmento. Si las piezas de eyección son pequeñas, el material se denomina ceniza volcánica, definido como partículas de menos de 2 mm de diámetro, del tamaño de la arena o más pequeñas.

**Cenozoico:** Una era que comenzó hace 66 millones de años y se caracteriza por el predominio de los mamíferos. Es la actual y más reciente de las tres eras geológicas fanerozoicas.

**Cerro remanente volcánico:** Restos erosionados de un antiguo volcán.

**Colisión:** Es un evento en el que dos o más cuerpos ejercen fuerzas entre sí durante un tiempo relativamente corto. Aunque el uso coloquial más común de la palabra "colisión" se refiere a incidentes en los que dos o más objetos chocan con gran fuerza, el uso científico de la palabra "colisión" no implica nada sobre la magnitud de la fuerza.

**Colisión continental:** Es un fenómeno de la tectónica de placas de la Tierra que se produce en los límites de las placas convergentes. La colisión continental es una variación del proceso fundamental de subducción, mediante el cual se destruye la zona de subducción, se producen montañas y se suturan dos continentes. Se sabe que la colisión continental solo ocurre en la Tierra y no es un evento instantáneo. Pueden pasar varias decenas de millones de años antes de que se detengan las fallas y los pliegues causados por las colisiones.

**Columna de erupción:** Una nube de ceniza volcánica caliente suspendida en gas volcánico emitida durante una erupción volcánica explosiva. La ceniza forma una columna que puede elevarse muchos kilómetros en el aire por encima del respiradero del volcán. En las erupciones más explosivas, la columna de erupción puede elevarse más de 40 km, penetrando en la estratosfera.

**Cono de escoria / ceniza:** una colina cónica empinada de fragmentos piroclásticos sueltos, como escoria volcánica, ceniza, ceniza volcánica o escoria que se ha construido alrededor de un respiradero volcánico. Es el tipo de volcán más simple y común.

**Conos de geiserita:** Precipitados a partir de minerales ricos en sílice y carbonato de calcio y agua termal en aguas termales alrededor de los cráteres de un maar.



**Cono de Spatter:** Un cono volcánico en miniatura en el suelo de un cráter o flujo de lava del que se expulsa lava en gotas.

**Continente:** Es una de varias masas terrestres muy grandes de la Tierra. Generalmente identificadas por convención en lugar de criterios estrictos, hasta siete regiones se consideran comúnmente continentes. Ordenados de mayor a menor tamaño, son: Asia, África, América del Norte, América del Sur, Antártida, Europa y Oceanía. Las islas se agrupan con frecuencia con un continente vecino para dividir toda la tierra del mundo en regiones geopolíticas (por ejemplo, Oceanía). Geológicamente, los continentes corresponden en gran parte a áreas de corteza continental que se encuentran en las placas continentales. Sin embargo, algunas áreas de la corteza continental son regiones cubiertas de agua que generalmente no se incluyen en la lista de continentes: continentes sumergidos.

**Continente sumergido o hundido:** Es una masa continental extensa, principalmente submarina. Los dos ejemplos principales de esta clase son Kerguelen Plateau y Zealandia.

**Convección:** uno de los tres tipos principales de transferencia de calor, los otros dos son conducción y radiación. La convección solo puede ocurrir en líquidos. Esto incluye líquidos y gases y se debe a que las moléculas deben poder moverse libremente. La energía puede transferirse por convección cuando hay una diferencia significativa de temperatura entre dos partes de un fluido. Cuando existe esta diferencia de temperatura, los fluidos calientes se elevan y los fluidos fríos se hunden, y luego se crean corrientes o movimientos en el fluido.

**Corrientes de convección:** corrientes en el fluido que se producen debido a la diferencia de temperatura cuando los fluidos calientes suben y los fluidos fríos se hunden.

**Corteza:** la capa más externa que cubre nuestro planeta como un caparazón, ¡y también la única que sostiene la vida! Debajo de los continentes, la corteza es casi tres veces más gruesa que debajo de los océanos.

**Corteza continental:** es la capa exterior de la Tierra. Está formada por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Esta capa a veces se llama sial porque su composición a granel es más félsica en comparación con la corteza oceánica que se llama sima. La densidad media de la corteza continental es de unos 2,7 g / cm<sup>3</sup>, menos densa que el material ultramáfico que forma el manto, que tiene una densidad de alrededor de 3,3 g / cm<sup>3</sup>. La corteza continental también es menos densa que la corteza oceánica, que es de 2,9 g / cm<sup>3</sup>. Tiene una mayor flotabilidad que la corteza oceánica, formando los continentes y las plataformas continentales.



La corteza continental está formada por un mosaico de rocas de diferentes edades, siendo las más antiguas de unos 4 mil millones de años. De 25 a 70 km, la corteza continental es considerablemente más gruesa que la corteza oceánica, que tiene solo 5 a 15 km. Aproximadamente el 40% de la superficie de la Tierra está actualmente ocupada por corteza continental. Constituye aproximadamente el 70% del volumen de la corteza terrestre.

**Corteza oceánica:** Un tipo de corteza terrestre que generalmente se encuentra debajo de los océanos. La corteza oceánica se compone principalmente de rocas máficas, o SIMA, que es rica en hierro y magnesio. Con 5 - 15 km de espesor, es más delgada y más densa que la corteza continental, con una densidad media de unos 2,9 g / cm<sup>3</sup>. La corteza es el resultado del material erupcionado que se origina debajo de la placa, enfriado y, en la mayoría de los casos, modificado químicamente por agua de mar. Estas erupciones ocurren en las dorsales oceánicas, pero también en puntos calientes dispersos, y también en formas raras pero fuertes conocidas como erupciones de inundación de basalto. La corteza oceánica se genera continuamente en las dorsales oceánicas y se consume continuamente en las zonas de subducción. Esta es la razón por la que la corteza oceánica más antigua es aproximadamente 180 millones de años mucho más joven que la corteza continental.

**Cráter:** Apertura o ventilación en la cima de un volcán.

**Cretácico:** Un período geológico que se extiende desde el final del Jurásico (hace 145 millones de años) hasta el comienzo del Paleógeno (hace 66 millones de años). Fue un período con un clima relativamente cálido, lo que resultó en altos niveles del mar que crearon numerosos mares interiores poco profundos. El Cretácico terminó con una gran extinción masiva, en la que se extinguieron muchos grupos, incluidos los dinosaurios no aviares, los pterosaurios y los grandes reptiles marinos.

**Cuaternario:** Es el actual y más reciente de los tres períodos de la Era Cenozoica en la escala de tiempo geológico. Sigue al Período Neógeno, y se extiende desde hace 2,58 millones de años hasta el presente. El Cuaternario cubre el intervalo de tiempo de las glaciaciones producidas durante el Pleistoceno, e incluye el interglacial actual, el Holoceno. Los 2,58 millones de años del Cuaternario representan el tiempo durante el cual existieron humanos reconocibles. Durante este corto período de tiempo, ha habido relativamente pocos cambios en la distribución de los continentes debido a la tectónica de placas.

**Cuarcita:** Roca metamórfica compuesta por el mineral cuarzo, procedente de una arenisca que ha sufrido altas presiones y temperaturas.



**Cueva de lava:** Una cueva de lava es cualquier cueva formada en roca volcánica, aunque normalmente se denominan así a las cuevas formadas por procesos volcánicos. Los tubos de lava son el tipo de cueva de lava más común y extenso.

**Cúpula de lava:** Una protuberancia aproximadamente circular en forma de montículo resultante de la lenta extrusión de lava viscosa de un volcán

## D

**Dacita:** Una roca volcánica ígnea. Tiene una composición intermedia entre la andesita y la riolita.

**Deriva continental:** Teoría propuesta por Alfred Wegener (1915) para respaldar la noción de que los continentes habían cambiado de posición a lo largo del tiempo geológico. Alfred Wegener no pudo proponer un mecanismo para explicar cómo se produjo la deriva y la idea fue ignorada durante casi medio siglo.

**Devónico:** Período geológico que se extiende desde el final del Silúrico (hace 419 millones de años) hasta el comienzo del Carbonífero. Lleva el nombre de Devon, Inglaterra, donde se estudiaron por primera vez las rocas de este período. Aparecieron los árboles más antiguos conocidos de los primeros bosques del mundo. Los primeros tetrápodos, vertebrados terrestres, aparecieron durante el Devónico.

**Deslizamiento de tierra:** El movimiento de una masa de roca, escombros o tierra por una pendiente debido a la gravedad. Los materiales pueden moverse cayendo, volcando, deslizándose, extendiéndose o fluyendo. Los deslizamientos de tierra pueden ser provocados por la lluvia, el deshielo, los cambios en el nivel del agua, la erosión de los arroyos, los cambios en el agua subterránea, los terremotos, la actividad volcánica, la perturbación por actividades humanas o cualquier combinación de estos factores.

**Diatrema:** Un tubo o tapón vertical largo que se forma cuando el magma lleno de gas se abre paso a través de los estratos suprayacentes.

**Dique:** Intrusión subvertical en forma de lámina de magma en una fractura en un cuerpo rocoso preexistente (dique magmático).

**Disyunción columnar:** Una estructura que se forma en las rocas (más comúnmente en basalto) que consta de columnas (generalmente de forma hexagonal), formadas cuando la roca se contrae, con mayor frecuencia durante el enfriamiento.



**Dorsal mediooceánica:** Sistema montañoso submarino formado por placas tectónicas. Consiste en varias montañas unidas en cadenas, que típicamente tienen un valle conocido como una dorsal que corre a lo largo de su columna vertebral. Es un área geológicamente activa, con nuevo magma emergiendo constantemente hacia la corteza en y cerca de las dorsales a lo largo del eje de la cresta. Están formados por dos placas oceánicas que se alejan una de la otra y, en consecuencia, se denomina límite de placa divergente. Los respiraderos hidrotermales son una característica común en los centros de expansión oceánica. Las rocas que forman la corteza debajo del lecho marino son más jóvenes a lo largo del eje de la cresta y envejecen al aumentar la distancia desde ese eje. Las rocas jóvenes forman una nueva corteza oceánica y, por lo tanto, en un estado constante de "renovación" en las dorsales oceánicas. Al alejarse de la dorsal oceánica, la profundidad del océano aumenta progresivamente.

## E

**Edades absolutas:** Edades específicas de las unidades de roca; definir la edad numérica real de un evento geológico particular. Por ejemplo, los grandes dinosaurios se extinguieron hace 66 millones de años.

**Edades relativas:** Ordenación de formaciones y eventos geológicos de más antiguo a más moderno. La edad de una característica geológica en comparación con otra.

**El ciclo del agua:** También conocido como ciclo hidrológico, describe el movimiento continuo del agua sobre, encima y debajo de la superficie de la Tierra.

**El ciclo de las rocas:** Ilustración de las interrelaciones entre los materiales y procesos terrestres - los tres tipos de rocas se transforman entre sí mediante procesos de meteorización y erosión, fusión y exposición al calor y la presión.

**Eones:** Los mayores intervalos de tiempo geológico y tienen una duración de cientos de millones de años. Por ejemplo: el Eón Fanerozoico es el eón más reciente y comenzó hace más de 500 millones de años.

**Epicentro:** La parte de la superficie de la Tierra directamente sobre el foco (hipocentro) de un terremoto.



**Épocas:** Son posibles subdivisiones más finas del tiempo y los períodos del Cenozoico se subdividen con frecuencia en épocas. La subdivisión de períodos en épocas se puede realizar solo para la porción más reciente de la escala de tiempo geológico. Esto se debe a que las rocas más antiguas han sido enterradas profundamente, intensamente deformadas y severamente modificadas por procesos terrestres a largo plazo. Como resultado, la historia contenida dentro de estas rocas no puede interpretarse con tanta claridad.

**Eras:** Los eones se dividen en intervalos de tiempo más pequeños conocidos como eras. Ejemplo: el Fanerozoico se divide en tres eras: Cenozoica, Mesozoica y Paleozoica. Se utilizan eventos muy importantes en la historia de la Tierra para determinar los límites de las eras (por ejemplo: extinción catastrófica).

**Erosión:** Proceso natural que desgasta las rocas y la tierra. La remoción y / o descomposición de rocas por procesos físicos, químicos o biogénicos. La erosión puede ocurrir por la intemperie, por el viento, por la acción de los glaciares, por la corrosión, por la acción de trituración y por el movimiento de la tierra y las rocas de un lugar a otro.

**Erupción / rocas efusivas:** Un tipo de erupción volcánica en la que la lava fluye constantemente desde un volcán al suelo. Una erupción volcánica es efusiva cuando se libera de la corteza terrestre magma de baja viscosidad, generalmente de composición basáltica.

**Erupción efusiva / vulcanismo efusivo:** Un tipo de erupción volcánica en la que la lava fluye constantemente desde un volcán hacia el suelo. Una erupción volcánica es efusiva cuando se libera de la corteza terrestre magma de baja viscosidad, generalmente de composición basáltica. En una erupción efusiva, el gas escapa del magma cuando hace erupción y forma lava que fluye cuesta abajo continuamente. Este tipo de flujo de lava puede formar escudo de volcanes.

**Erupción estromboliana:** Explosiones discretas a intervalos periódicos de unos pocos segundos a minutos u horas, que llevan el nombre de Stromboli, un volcán en las Islas Eolias, Italia. Los depósitos consisten en salpicaduras de lava, bombas vesiculares, lapilli, escoria y ceniza.

**Erupción explosiva / vulcanismo explosivo:** Es un término volcánico para describir un tipo de erupción violenta y explosiva. A veces, un tapón de lava bloquea el conducto hacia la cumbre y, cuando esto ocurre, las erupciones son más violentas. Las erupciones explosivas pueden enviar rocas, polvo, gas y material piroclástico hasta 20 km a la atmósfera a una velocidad de hasta 100.000 toneladas por segundo, viajando a varios cientos de metros por segundo. Ejemplo: erupción del monte St. Helens (1980).



**Escala de Richter:** Una escala logarítmica que determina la magnitud de un seísmo.

**Escala de tiempo geológico (GTS):** Un sistema de datación cronológica que relaciona los estratos geológicos con el tiempo, y es utilizado por geólogos, paleontólogos y otros científicos de la Tierra para describir el momento y las relaciones de los eventos que han ocurrido durante la historia de la Tierra.

**Escarpe de falla:** Es un desnivel en la superficie del suelo donde un lado de una falla se ha movido verticalmente con respecto al otro. Es la expresión topográfica de fallas atribuidas al desplazamiento de la superficie terrestre por movimiento a lo largo de fallas. Se manifiestan por el movimiento diferencial y la erosión subsiguiente a lo largo de una falla geológica inactiva antigua (una especie de ruptura antigua), o por un movimiento en una falla activa reciente

**Esquisto:** Roca metamórfica procedente de una arcilla, de temperaturas y presiones intermedias a altas; los cristales son visibles, con los granos alineados en paralelo a las capas subparalelas.

**Estratigrafía:** Es una rama de la geología que se ocupa de la descripción de sucesiones de rocas y su interpretación en términos de una escala de tiempo general. Proporciona una base para las divisiones de tiempo geológicas, la clasificación de los cuerpos rocosos y para desarrollar una terminología estratigráfica y reglas de procedimiento internacionalmente aceptables en aras de mejorar la exactitud y precisión en la comunicación, coordinación y comprensión internacionales. Proporciona reglas para la clasificación de los cuerpos rocosos (unidades rocosas) según sus propiedades: unidad litoestratigráfica, bioestratigrafía, cronoestratigráfica, magnetoestratigráfica. Proporciona una base para la geología histórica cuyo objetivo es reconstruir los mundos antiguos.

**Evolución orgánica:** Cambio en los organismos a lo largo del tiempo geológico.

**Explosión freatomagmática:** Erupciones volcánicas, debido a la interacción del magma ascendente con el agua subterránea o superficial.

**Extinciones:** El final de un grupo de organismos (taxón), generalmente una especie. Las extinciones masivas se refieren al fin de una gran cantidad de taxones en muy poco tiempo. Estos son eventos debidos a cambios catastróficos en el medio ambiente. Hay cinco extinciones masivas registradas: Final del Ordovícico, Final del Devónico, Final del Pérmico, Final del Triásico y Final del Cretácico. El último también se conoce como el límite K / T (Cretácico / Terciario) cuando entre otros grupos los dinosaurios desaparecieron.



## F

**Falla:** En Geología, cualquier fractura plana o ligeramente curvada en las rocas de la corteza terrestre, donde las fuerzas de compresión o tensión provocan el desplazamiento relativo de las rocas en los lados opuestos de la fractura, o sección rota de la corteza terrestre a lo largo de la cual se produce el movimiento. Las fallas varían en longitud desde unos pocos centímetros hasta muchos cientos de kilómetros, y el desplazamiento también puede variar desde menos de un centímetro hasta varios cientos de kilómetros a lo largo de la superficie de la fractura (el plano de la falla). Las fallas pueden ser verticales, horizontales o inclinadas en cualquier ángulo. Aunque el ángulo de inclinación de un plano de falla específico tiende a ser relativamente uniforme, puede diferir considerablemente a lo largo de su longitud de un lugar a otro.

**Falla de desgarre o transcurrente:** El desplazamiento del terreno se produce en una dirección horizontal. El plano de falla es esencialmente vertical.

**Falla inversa:** Cuando el bloque levantado reposa sobre el plano de falla.

**Falla normal:** Cuando un lado de la falla se mueve hacia abajo con respecto al otro lado. El bloque hundido se desliza hacia abajo en relación con el bloque levantado.

**Fanerozoico:** Eón geológico actual, y durante el cual ha existido abundante vida animal y vegetal. Abarca 541 millones de años hasta el presente, y comenzó con el Período Cámbrico cuando aparecieron por primera vez diversos animales de caparazón duro.

**Félsico:** El adjetivo se refiere a las rocas ígneas que son relativamente ricas en elementos que forman feldespato y cuarzo. Se contrasta con las rocas máficas. Félsico se refiere a aquellas rocas ricas en minerales de silicato, magma y rocas que están enriquecidas en elementos más ligeros como silicio, oxígeno, aluminio, sodio y potasio. La roca félsica más común es el granito. Los minerales félsicos comunes incluyen cuarzo, moscovita, ortoclasa y feldespatos plagioclasa ricos en sodio. En términos de química, los minerales y rocas félsicas se encuentran en el otro extremo del espectro elemental de los minerales y rocas máficas.

**Filita:** Roca formada a temperaturas y presiones bajas a intermedias; ligeramente más cristalizada lo que le da a la roca un aspecto brillante; Las capas también pueden ser onduladas o arrugadas.

**Flujo de lava:** Lava líquida o solidificada que ha salido de un volcán a la superficie de la Tierra; una masa de lava fluida o solidificada; cuando el magma entra en erupción en estado fundido o parcialmente fundido, a menudo tiene la capacidad de fluir.



**Flujo de lodo:** Flujo de agua que contiene grandes cantidades de partículas en suspensión y limo. Los flujos de lodo ocurren en pendientes empinadas donde la vegetación no es suficiente para prevenir la erosión rápida, pero pueden ocurrir en pendientes suaves si se cumplen otras condiciones. Otros factores son las precipitaciones intensas en períodos cortos y un material fuente fácilmente erosionable.

**Flujo piroclástico:** Una corriente rápida de gas y material volcánico a alta temperatura (conocida como tefra), que alcanza velocidades de hasta 700 km/h. Los gases pueden alcanzar temperaturas de unos 1.000 ° C. Son un resultado común y devastador de ciertas erupciones volcánicas explosivas.

**Foco o hipocentro,** es el lugar donde comienza el terremoto, el origen del terremoto. El suelo se rompe en este lugar, luego las ondas sísmicas irradian hacia afuera en todas direcciones.

**Fosa oceánica:** Depresión topográfica del fondo marino, de ancho relativamente estrecho, pero muy largo. Estas son características morfológicas distintivas de los límites de las placas convergentes, a lo largo de las cuales las placas se mueven entre sí a velocidades que varían desde unos pocos milímetros hasta más de diez centímetros por año y son las partes más profundas del fondo del océano. Una trinchera marca la posición en la que la losa de subducción flexionada comienza a descender debajo de otra placa litosférica. Las fosas suelen ser paralelas a un arco de islas volcánicas, a unos 200 km de un arco volcánico.

**Fractura:** En ingeniería, ruptura de un material demasiado débil para soportar las fuerzas sobre él. Una fractura de la pieza de trabajo durante el conformado puede resultar de defectos en el metal; estos a menudo consisten en inclusiones no metálicas como óxidos o sulfuros atrapados en el metal durante el refinado. Las vueltas son otro tipo de defecto, en el que parte de una pieza de metal se dobla inadvertidamente sobre sí misma, pero los dos lados del pliegue no están completamente soldados entre sí. Las piezas estructurales y de máquinas sujetas a vibraciones y otras cargas cíclicas deben diseñarse para evitar la rotura por fatiga.

**Fuente de lava:** Chorros sostenidos de lava (generalmente muy) fluida hacia la atmósfera. Las fuentes de lava ocurren comúnmente en volcanes basálticos como Kilauea o Etna.

**Fuerzas de empuje de la dorsal:** Es un mecanismo propuesto para el movimiento de las placas en deriva tectónica. Debido a que las dorsales oceánicas se encuentran a una elevación mayor que el resto del suelo oceánico, la gravedad hace que las dorsales empujen la litosfera que se encuentra más alejada.



**Fuerza de tirón de placa:** La parte de movimiento de una placa tectónica que puede explicarse por su subducción. El movimiento de las placas es impulsado en parte por el peso de las placas frías y densas que se hunden en el manto en las fosas oceánicas. Junto con la succión, representan casi toda la fuerza que impulsa la tectónica de placas.

**Fumarola:** Una abertura en la corteza de un planeta, a menudo en áreas que rodean a los volcanes, que emite vapor y gases como dióxido de carbono, dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y sulfuro de hidrógeno. El vapor se forma cuando el agua sobrecalentada se vaporiza a medida que su presión cae cuando emerge del suelo.

## G

**Géiser:** Una fuente termal que envía de forma intermitente chorros de agua y vapor en forma de fuente al aire - la columna de agua / vapor puede tener más de 50 m de altura (ejemplo: Islandia).

**Geohazard (riesgo geológico):** Uno de los varios tipos de condiciones geológicas adversas que pueden causar daños o pérdidas de propiedad e incluso vidas.

**Geomorfología:** La rama de la geología que se ocupa de la estructura, el origen y el desarrollo de las características topográficas de la superficie terrestre.

**Gestión de riesgos:** identificación, evaluación y priorización de riesgos para minimizar, monitorear y controlar la probabilidad o el impacto de eventos desafortunados como catástrofes naturales.

**Glaciar:** Gran cuerpo de hielo persistente y en movimiento, producido por la acumulación de nieve en áreas montañosas y en regiones polares (capa de hielo). El peso de las nevadas sucesivas va compactando la nieve y transformándola en hielo. Esta presión hace que la capa inferior de hielo fluya o se mueva. Cuando un glaciar fluye o se mueve, arrastra rocas consigo. Cuando se libera la presión a través del movimiento del glaciar, el agua creada por la fricción del movimiento se vuelve a congelar. La recongelación del glaciar es similar a lo que ocurre con el hielo cuando se patina sobre hielo. El hielo directamente debajo de la cuchilla de un patín de hielo está sometido a mucha presión. El hielo debajo de la cuchilla se derrite por un instante y actúa como lubricante para la cuchilla. Cuando la cuchilla se mueve, el hielo se vuelve a congelar.

**Gneis:** Roca metamórfica formada a temperaturas y presiones muy altas, con textura de grano grueso, y bandas alternas de minerales claros y oscuros.

**Graben o fosa tectónica:** Un bloque hundido por dos fallas normales.



**Granito:** Tipo de roca ígnea (plutónica) intrusiva más conocida y más común. Se forma cuando una intrusión de magma viscoso con alto contenido de sílice (68-75% en peso) permanece debajo de la superficie de la tierra, donde se enfría y cristaliza lentamente dentro de la corteza.

**Grieta:** En geología, una grieta es una zona lineal donde la litosfera se separa y es un ejemplo de tectónica extensional.

## H

**Hidrogeología:** (hidro-que significa agua, y -geología que significa el estudio de la Tierra) es el área de la geología que se ocupa de la distribución y movimiento de las aguas subterráneas en el suelo y las rocas de la corteza terrestre.

**Hidrosfera:** Un término genérico para toda el agua dentro y sobre la Tierra.

**Hipocentro:** Punto (foco) de origen de un terremoto.

**Holoceno:** Es la época geológica que comenzó después del Pleistoceno aproximadamente 11,700 años (0,01 millones de años) antes del presente. Abarca el crecimiento y los impactos de la especie humana en todo el mundo, incluida toda su historia escrita, el desarrollo de las principales civilizaciones y la transición significativa general hacia la vida urbana en el presente.

**Horst, pilar o macizo tectónico:** Un bloque que se ha elevado relativamente entre dos fallas normales que se separan una de la otra.

## I

**Ignimbrita:** Una roca piroclástica formada por una nube muy caliente de cenizas volcánicas, bloques y gases que se desplazan sobre el suelo, conocida como flujo piroclástico.

## J

**Jurásico:** Un período geológico que se extendió desde el final del Triásico (hace 201 millones de años) hasta el comienzo del Cretácico (hace 145 millones de años). El Jurásico constituyó el período medio de la Era Mesozoica, también conocida como la Era de los Reptiles.



## K

**Karst:** El paisaje producido en áreas de piedra caliza u otra roca soluble, formado por la disolución de la roca, produciendo crestas, torres, fisuras, sumideros y otros accidentes geográficos característicos.

**Klippe tectónico:** El klippe es la porción remanente de un manto de corrimiento, que ha sido aislado por la erosión. Este proceso da como resultado un conjunto de estratos exóticos, a menudo trasladados casi horizontalmente, superpuestos a estratos autóctonos.

## L

**Lahar:** Un tipo de flujo de lodo o de escombros compuesto por material piroclástico, escombros rocosos y agua. El material fluye desde un volcán, típicamente a lo largo de un valle fluvial.

**Lago de lava:** Grandes volúmenes de lava fundida, generalmente basáltica, contenida en un respiradero volcánico, cráter o depresión amplia. El término se utiliza para describir tanto los lagos de lava que están total o parcialmente fundidos como los que están solidificados (en este caso, a veces se denominan lagos de lava congelados).

**Lapilli:** Literalmente "pequeñas piedras". Término de clasificación de tamaño para tefra, que es material que cae del aire durante una erupción volcánica. Fragmentos de roca redondos a angulares, que pueden ser expulsados en estado sólido o fundido. Por definición, los lapilli varían de 2 a 64 mm de diámetro.

**Lapilli de acreción:** Las bolas de piroclasto redondeadas se denominan lapilli de acreción si consisten en partículas de ceniza volcánica. Se forman en una columna o nube de erupción por la humedad o las fuerzas electrostáticas, con la ceniza volcánica nucleándose en algún objeto y luego acumulando capas antes de que caigan de la nube.

**Las rocas metamórficas foliadas** se forman en el interior de la Tierra bajo presiones extremadamente altas que son desiguales, ocurriendo cuando la presión es mayor en una dirección que en las otras (presión dirigida). Esto hace que los minerales de la roca original se reorienten con los minerales largos y planos alineándose perpendicularmente a la dirección de mayor presión.

**Las rocas metamórficas no foliadas** se forman alrededor de intrusiones ígneas donde las temperaturas son altas pero las presiones son relativamente bajas e iguales en todas las direcciones (presión de confinamiento). Los minerales originales dentro de la roca se recristalizan en tamaños más grandes y los átomos se vuelven más compactos, aumentando la densidad de la roca.



**Lava:** Magma que emerge del interior de un volcán.

**Lava almohadillada:** Lavas que contienen estructuras características en forma de almohada que se atribuyen a la extrusión de la lava bajo el agua

**Lava Pāhoehoe:** Tipo de flujo de lava, con corteza lisa, ondulada o viscosa.

**Laminación cruzada:** Estructura de ordenamiento interno de una capa, en la que las láminas están inclinadas, formando un ángulo con respecto al techo y muro horizontales de la capa. La laminación cruzada se forma durante el depósito de las capas, cuando los granos se van ordenando por el efecto de un flujo, e indica que el ambiente de depósito contenía un medio que fluía (típicamente agua o viento).

**Límite de placa convergente,** también conocido como límite de placa destructiva, es una región de deformación activa donde dos o más placas tectónicas o fragmentos de la litosfera se acercan al final de su ciclo de vida. Como resultado de la presión, la fricción y el fundido del material de las placas en el manto, los terremotos y los volcanes son comunes cerca de los límites destructivos, donde ocurren zonas de subducción o un área de colisión continental (dependiendo de la naturaleza de las placas involucradas). Esto contrasta con un límite de placa constructivo.

**Límite de placa divergente,** también conocido como límite constructivo o límite extensional, es una característica lineal que existe entre dos placas tectónicas que se alejan una de la otra. Los límites divergentes dentro de los continentes inicialmente producen fisuras que eventualmente se convierten en valles de fisuras (rift). Los límites de placas divergentes más activos ocurren entre las placas oceánicas y dan lugar a la formación de cordilleras en el centro de los océanos. Los límites divergentes también forman islas volcánicas que ocurren cuando las placas se separan para producir huecos que la lava fundida se eleva para llenar.

**Litosfera:** Es la capa rígida más externa de un planeta de tipo terrestre o satélite natural que se define por sus rígidas propiedades mecánicas. La litosfera de la Tierra incluye la corteza y el manto superior, que constituyen la capa exterior dura y rígida de la Tierra. La litosfera se subdivide en placas tectónicas. Se considera que el espesor de la litosfera depende de la profundidad de la isoterma asociada con la transición entre el comportamiento frágil y viscoso. La litosfera oceánica tiene típicamente entre 50 y 140 km de espesor, mientras que la litosfera continental tiene un rango de espesor de aproximadamente 40 km a más de 200 km y se superpone a una capa viscosa llamada astenosfera.



**Losa:** Porción de una placa tectónica que está subduciendo. La tracción y succión de la placa son dos mecanismos que producen divergencia de placas, a parte de las corrientes de convección.

## M

**Máfico:** Adjetivo que describe un mineral de silicato o roca ígnea que es rica en magnesio y hierro. La mayoría de los minerales máficos son de color oscuro y los minerales máficos que forman rocas comunes incluyen olivino, piroxeno, anfíbol y biotita. Las rocas máficas comunes incluyen basalto, diabasa y gabro. Las rocas máficas a menudo también contienen variedades ricas en feldespato calcio de (plagioclasa). Químicamente, las rocas máficas están al otro lado del espectro de rocas de las rocas félsicas. El término corresponde aproximadamente a la clase de roca básica más antigua. La lava máfica, antes de enfriarse, tiene una viscosidad baja, en comparación con la lava félsica, debido al menor contenido de sílice en el magma máfico. El agua y otros volátiles pueden escapar más fácil y gradualmente de la lava máfica. Como resultado, las erupciones de volcanes formadas por lavas máficas son menos explosivamente violentas que las erupciones de lava félsica (por ejemplo, volcanes en Hawái).

**Magma:** Rocas fundida por encontrarse a altas temperaturas. Las rocas ígneas se forman a partir de la cristalización de un magma.

**Manto:** Una capa dentro del planeta terrestre y algunos otros cuerpos planetarios rocosos. Para que se forme un manto, el cuerpo planetario debe ser lo suficientemente grande como para haber experimentado el proceso de diferenciación planetaria por densidad. El manto está limitado en la parte inferior por el núcleo planetario y en la parte superior por la corteza.

**Mármol:** Roca metamórfica procedente de una caliza.

**Mesozoico:** Una era que ocurrió hace entre 252 y 66 millones de años, caracterizada por la aparición de plantas con flores y por la aparición y extinción de dinosaurios.

**Metamórfico:** Se refiere al cambio. Significa que se produce un cambio.

**Meteorización:** Es la descomposición de rocas y minerales existentes debido a procesos físicos, químicos y bióticos a través del contacto con la atmósfera, las aguas y los organismos biológicos de la Tierra.

**Mofetta:** Una abertura en la tierra de la que escapan el dióxido de carbono y otros gases, que generalmente marca la última etapa de la actividad volcánica.



**Morrenas:** Acumulaciones de rocas, arcillas, suelo, que quedan después de la fusión de un glaciar o una capa de hielo.

**Muro colgante - o cabecero,** El bloque superior o superpuesto a lo largo del plano de falla, cuando las rocas se deslizan unas sobre otras en la falla; o en otras palabras, el lado que se desliza hacia abajo tiene una forma que hace que parezca que se extiende o cuelga hacia afuera, por lo que lo llamamos la pared colgante.

## N

**Nappe:** Cuerpo grande o lámina de roca que se ha movido una distancia mayor desde su posición original por fallamiento o plegamiento. Un napppeuede ser la el bloque cabalgante de una falla de empuje de ángulo bajo, o formar parte de un gran pliegue tumbado. Ambos procesos superponen rocas más antiguas sobre rocas más modernas.

**Neógeno:** El período de tiempo / geológico que tuvo lugar hace 23 a 2,6 millones de años. Durante este período, los mamíferos y las aves continuaron evolucionando hacia formas aproximadamente modernas, mientras que otros grupos de vida permanecieron relativamente sin cambios. Los primeros homínidos, los antepasados de los humanos, aparecieron en África cerca del final de este período.

**Núcleo:** La parte de la Tierra en el centro de nuestro planeta. Está formado por un núcleo interno sólido y un núcleo externo líquido. Las mediciones sísmicas muestran que el núcleo está dividido en dos partes, un núcleo interno "sólido" con un radio de  $\approx 1,220$  km y un núcleo externo líquido que se extiende más allá de él hasta un radio de  $\approx 3,400$  km.

**Núcleo externo:** Es una capa fluida de aproximadamente 2.300 km de espesor y está compuesta principalmente de hierro y níquel que se encuentra sobre el núcleo interno sólido de la Tierra y debajo de su manto. Su límite exterior se encuentra a 2.890 km (1.800 millas) debajo de la superficie de la Tierra. A diferencia del núcleo interno, el núcleo externo es líquido.

**Núcleo interno:** Es la parte más interna de la Tierra. Es principalmente una bola sólida con un radio de aproximadamente 1.220 kilómetros. Está compuesto por una aleación de hierro-níquel y algunos elementos ligeros.

## O

**Obsidiana:** Vidrio volcánico negro. Se produce cuando la lava con alto contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) se enfría rápidamente y se solidifica sin tiempo para el crecimiento de cristales.



**Olivino:** Silicato de hierro y magnesio, de color verdoso.

**Onda de superficie:** Ondas disminuyen a medida que se alejan de la superficie. Viajan más lentamente que las ondas corporales sísmicas (P y S). En terremotos grandes, las ondas superficiales pueden tener una amplitud de varios centímetros.

**Ondas sísmicas:** Ondas o temblores terrestres generados por una liberación repentina de energía en un punto específico llamado hipocentro. Las ondas se pueden medir con un sismógrafo. Hay tres tipos de ondas sísmicas: las ondas primarias a menudo se denominan ondas P, las ondas secundarias a menudo se denominan ondas S y ondas superficiales u ondas L que causan el mayor daño.

**Ondas sísmicas internas o de volumen:** Viajan por el interior de la Tierra, y su recorrido está controlado por la densidad y la rigidez de los materiales que atraviesa. La densidad y la rigidez, a su vez, varían según la temperatura, la composición y la fase del material. Dos tipos de movimiento de partículas dan como resultado dos tipos de ondas corporales: ondas primarias y secundarias.

**Ondas P o primarias:** Son ondas compresionales, con componente longitudinal. Las ondas P son ondas de presión que viajan más rápido que otras ondas a través de la tierra para llegar primero a las estaciones del sismógrafo, de ahí el nombre "Primario". Estas ondas pueden viajar a través de cualquier tipo de material, incluidos los fluidos, y pueden viajar a casi el doble de la velocidad de las ondas S. En el aire, toman la forma de ondas sonoras, por lo que viajan a la velocidad del sonido.

**Ondas S:** Las ondas secundarias (ondas S) son ondas sísmicas de naturaleza transversal. Después de un terremoto, las ondas S llegan a las estaciones del sismógrafo después de las ondas P que se mueven más rápido y desplazan el suelo perpendicular a la dirección de propagación. Dependiendo de la dirección de propagación, la onda puede adquirir diferentes características de superficie; por ejemplo, en el caso de ondas S polarizadas horizontalmente, el suelo se mueve alternativamente hacia un lado y luego hacia el otro. Las ondas S solo pueden viajar a través de sólidos, ya que los fluidos (líquidos y gases) no soportan esfuerzos cortantes. Las ondas S son más lentas que las ondas P, y las velocidades son típicamente alrededor del 60% de las ondas P en cualquier material.

**Ordovícico:** Período geológico que se extiende desde el final del Cámbrico (hace 485 millones de años) hasta el comienzo del Silúrico. Los invertebrados como moluscos y artrópodos, dominaban los océanos. Los peces, los primeros vertebrados verdaderos del mundo, continuaron evolucionando, y aquellos con mandíbulas pudieron haber aparecido por primera vez al final del período.



**Orógeno:** O cinturón orogénico, se desarrolla cuando una placa continental que se pliega y sufre elevación, formando una o más cadenas montañosas; esto involucra muchos procesos geológicos llamados colectivamente orogénesis.

**Orogénesis:** El proceso de formación de montañas, especialmente por un plegamiento y fallas de la corteza terrestre debido al movimiento de placas convergentes y la colisión. Ocurre cuando grandes piezas de material en la placa de subducción (como los arcos de isla) se presionan en la placa superior o cuando se produce una contracción subhorizontal en la placa superior. Estas áreas están sujetas a muchos terremotos y volcanes.

**Orogenia:** Un evento que conduce a una gran deformación estructural de la litosfera de la Tierra (corteza y manto superior) debido a la interacción entre diferentes placas tectónicas y el vulcanismo relacionado. Un cabalgamiento es una falla de empuje con un ángulo de buzamiento muy bajo y un gran desplazamiento total. A menudo se encuentran en cinturones montañosos intensamente deformados.

## P

**Paleógeno:** Período geológico que se extiende desde el final del Cretácico hasta el comienzo del período Neógeno. Es el comienzo de la Era Cenozoica del presente Eón Fanerozoico. El Paleógeno es más notable por ser el tiempo durante el cual los mamíferos se diversificaron de formas relativamente pequeñas y simples a un gran grupo de animales diversos.

**Paleokarst:** Características kársticas producidas en otros periodos.

**Paleozoico:** Una era que ocurrió entre 541 millones y 252 millones de años atrás, caracterizada por la aparición de peces, insectos y reptiles.

**Peridotita:** Una roca ígnea densa y de grano grueso que consiste principalmente en los minerales olivino y piroxeno. La peridotita es la roca dominante de la parte superior del manto terrestre. Las composiciones de nódulos de peridotita que se encuentran en ciertos basaltos y tubos de diamante.

**Períodos:** Las eras se subdividen en períodos. Los eventos que delimitaron los períodos están muy extendidos en su extensión, pero no son tan significativos como los que delimitaron las eras. Ejemplo: el Paleozoico se subdivide en los períodos Pérmico, Carbonífero, Devónico, Silúrico, Ordovícico y Cámbrico.



**Pérmico:** Período geológico desde el final del Carbonífero (hace 299 millones de años), hasta el comienzo del Triásico. Es el último período de la Era Paleozoica. El Pérmico (junto con el Paleozoico) terminó con el evento de extinción Pérmico-Triásico, la extinción masiva más grande en la historia de la Tierra, en la que casi el 90% de las especies marinas y el 70% de las terrestres se extinguieron.

**Piedra pómez:** Término para una roca volcánica ligera. Es una lava espumosa solidificada, que se crea cuando la roca fundida sometida a gran presión y temperatura sale eyectada de un volcán. Su ligero peso se debe a los espacios de aire, que son provocados por una pérdida de presión y enfriamiento rápidos. La pérdida de presión provoca burbujas al reducir el punto de ebullición de la lava (como la creación de burbujas cuando se abre una bebida carbonatada). Luego, el enfriamiento congela las burbujas en la matriz. La piedra pómez seca puede flotar en el agua.

**Pizarra:** Roca formada por metamorfismo de baja temperatura y presión, a partir de una roca arcillosa. La roca se fractura a lo largo de planos paralelos casi perfectos. Se utiliza para techar.

**Placa tectónica:** Son cuerpos independientes de corteza y manto (litosfera). Se considera que el espesor de la litosfera es la profundidad a la isoterma asociada con la transición entre el comportamiento frágil y viscoso. El espesor de las placas es diferente en el caso de la corteza oceánica y la corteza continental y podría variar desde menos de 50 km hasta más de 200 km de espesor.

**Placas tectónicas:** Son divisiones de la litosfera terrestre que flotan en la astenosfera y viajan de forma independiente. Gran parte de la actividad sísmica de la Tierra se produce en los límites de estas placas. El calor del núcleo de la Tierra provoca corrientes de convección en el manto. Estas corrientes mueven lentamente las placas. En algunos lugares se destruye la litosfera, incluida la corteza. En otros lugares se crea una nueva corteza.

**Planeta terrestre:** O planeta telúrico, o planeta rocoso es un planeta que se compone principalmente de rocas de silicato o metales. Dentro del Sistema Solar, los planetas terrestres son los planetas internos, los más cercanos al Sol, es decir, Mercurio, Venus, Tierra y Marte. Los términos "planeta terrestre" y "planeta telúrico" se derivan de las palabras latinas para la Tierra (Terra y Tellus), ya que estos planetas son, en términos de estructura, "similares a la Tierra".

**Plano axial del pliegue:** Es el plano que divide al pliegue en dos partes, lo más simétricas posible.



**Plano de falla:** La superficie de la fractura producidas por el desplazamiento de los bloques.

**Plataforma continental:** Área de lecho marino poco profundo, cerca de las costas de los continentes.

**Pliegue:** En Geología, ondas en las rocas estratificadas de la corteza terrestre. Las rocas estratificadas se formaron originalmente a partir de sedimentos que se depositaron en láminas horizontales planas, pero en varios lugares los estratos ya no son horizontales sino que se han deformado. Un área de la corteza terrestre que se ha doblado debido a la enorme presión interna del gas o magma en las profundidades de la Tierra. Puede ser un movimiento hacia arriba, hacia abajo o lateral de la corteza. Algunas montañas se forman por plegamiento. Algunos pliegues tardan 1.000 años o más en formarse. Algunos pliegues se forman rápidamente. Algunos pliegues son pequeños; otros son enormes.

**Pliegue invertido (pliegue sobrepuesto):** Tiene el plano axial inclinado hasta tal punto que los estratos de una rama están volcados.

**Pliegue simétrico:** Pliegue en el que el plano axial es vertical. Tiene dos extremidades simétricas.

**Pliegue tumbado:** Pliegue con el plano axial horizontal, y donde uno de los flancos queda invertido.

**Pluma del manto:** Afloramiento de roca anormalmente caliente dentro del manto de la Tierra. Como las cabezas de las plumas del manto pueden derretirse parcialmente cuando alcanzan profundidades poco profundas, a menudo se las invoca como la causa de los puntos calientes volcánicos, como Hawái o Islandia, y las inundaciones de basalto como las trampas de Deccan y Siberia.

**Precámbrico:** Es la parte más temprana de la historia de la Tierra, situada antes del Eón Fanerozoico actual. Los fósiles parecidos a cianobacterias más antiguos que se conocen tienen cerca de 3.500 millones de años.

**Profundidad focal:** O profundidad hipocentral es la distancia entre el epicentro y el hipocentro (foco).

**Proterozoico:** Es un eón geológico que representa el tiempo justo antes de la proliferación de vida compleja en la Tierra. El nombre Proterozoico proviene del griego y significa "vida anterior": la raíz griega "protero-" significa "anterior" y "zoic-" significa "animal, ser vivo".



**Punto caliente:** Un área de vulcanismo activo anormalmente intenso que se cree que está subyacente en una pluma del manto (pluma mantélica). Muchos puntos calientes, por ejemplo, en Hawái, están ubicados en el medio de una placa litosférica, mientras que otros, como Islandia, se encuentran en márgenes de placa divergentes (constructivos).

## R

**Recristalización:** Proceso metamórfico que ocurre bajo situaciones de temperatura y presión intensas donde los componentes de las rocas se reajustan buscando un equilibrio, creando una nueva estructura cristalina. Ejemplo: las arcillas pueden recristalizarse en mica moscovita. La recristalización es el proceso más común en la formación de rocas metamórficas.

**Rifting:** Rifting es el proceso por el cual se estira la litosfera continental. Un rift es el cinturón o zona de la litosfera continental donde se produce la deformación extensional (grietas). Estas zonas tienen importantes consecuencias y características geológicas y, si la ruptura prosigue, conducirán a la formación de nuevas cuencas oceánicas.

**Riolita:** Una roca volcánica muy ácida (típicamente con > 69% de contenido de SiO<sub>2</sub>); puede considerarse como el equivalente extrusivo de la roca plutónica granito.

**Roca ígnea:** Rocas, formadas a través del enfriamiento y solidificación de magma / lava.

**Roca intrusiva:** Se forma cuando el magma cristaliza y solidifica lentamente debajo de la superficie (subterránea), sin llegar a la superficie; también llamada roca plutónica, roca ígnea intrusiva.

**Rocas metamórficas:** Rocas que comenzaron como otro tipo de roca y han sufrido un cambio. Las rocas sufren metamorfosis o cambian cuando se someten a cantidades extremas de presión y / o calor. Las rocas metamórficas fueron originalmente rocas ígneas, sedimentarias o incluso metamórficas. Por ejemplo, mármol, una roca metamórfica se forma a partir de piedra caliza.

**Roca piroclástica / piroclastos:** Se trata de los productos de explosiones volcánicas; es decir, son fragmentos de roca, ya sean minerales, cristales o vidrio, expulsados por el volcán; rocas formadas por acumulación de material generado por fragmentación explosiva de magma y / o roca previamente sólida.



## S

**Silúrico:** Un período geológico, que se extiende desde el final del Ordovícico (hace 443,8 millones de años) hasta el comienzo del Devónico (hace 419,2 millones de años). Un hito evolutivo significativo durante el Silúrico fue la diversificación de peces con mandíbulas y huesos. La vida multicelular también comenzó a aparecer en tierra.

**Sinclinal:** Rocas plegadas, el pliegue es cóncavo hacia arriba.

**Sismógrafo:** Una máquina que mide y registra las vibraciones en la superficie o corteza terrestre.

**Sismólogo:** Un científico que estudia las vibraciones provocadas por los terremotos. Los descubrimientos y hallazgos de los sismólogos nos han ayudado a crear teorías y adquirir conocimientos sobre el interior de la Tierra y sobre los movimientos de la Tierra. Los sismólogos hacen predicciones sobre sitios y tiempos aproximados para futuros terremotos y erupciones volcánicas en base a su conocimiento adquirido de movimientos previos que han observado.

**Sismograma:** Una imagen de longitudes de onda realizada por un sismógrafo. El registro real en papel por la máquina.

**Solfatare:** Fumarolas que emiten gases sulfurosos, como SO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S.

**Subducción:** Es el mecanismo por el cual el material litosférico se vuelve a mezclar con el manto de la Tierra. Es un proceso geológico que tiene lugar en los límites convergentes de las placas tectónicas, donde una placa se introduce bajo otra, forzándose o hundiéndose debido a la gravedad en el manto. Las tasas de subducción promedio son aproximadamente dos a ocho centímetros por año a lo largo de la mayoría de los límites de las placas. La placa de litosfera subductora en una zona de subducción es una placa con corteza oceánica y se mueve debajo de la otra placa litosférica, que puede estar formada por corteza oceánica o continental.

**Succión de placa:** Ocurre cuando una placa subduce en las proximidades del manto. Este flujo ejerce tracción de cizalla en placas contiguas. Esta fuerza es más importante cuando las placas no están fuertemente adheridas al resto de su respectiva placa. Ocasionalmente, tanto la placa que subduce como la que cabalga, se mueva hacia la zona de subducción. Es la más débil de las tres fuerzas implicadas en el movimiento de placas, pero junto a la fuerza de tiro de placa, contribuyen a todas las fuerzas que producen la deriva tectónica.



**Superficie del agua:** Agua en arroyos, ríos, lagos, humedales y embalses; agua natural que no ha penetrado mucho por debajo de la superficie del suelo.

**Supervolcán:** Un volcán que puede producir una erupción volcánica donde los depósitos medidos para esa erupción superan los 1.000 kilómetros cúbicos. Esto es miles de veces más grande que la mayoría de las erupciones volcánicas que ocurrieron durante largos periodos. Los supervolcanes pueden ocurrir cuando el magma asciende a la corteza desde un punto caliente, pero no puede atravesar la corteza. Cada vez se acumula más presión en una acumulación de magma grande y en crecimiento hasta que la corteza ya no puede soportar la presión.

## T

**Tectónica de compresión:** Movimientos tectónicos que comprimen placas o partes de placas juntas. Frente a la tectónica extensional.

**Tectónica extensional:** Se ocupa de las estructuras formadas y los procesos tectónicos asociados con el estiramiento de la corteza o litosfera. Contrario a la tectónica compresional.

**Tefra (piroclastos):** Material sólido expulsado al aire durante una erupción volcánica.

**Terciario:** Término antiguo para el período geológico de hace 66 millones a 2.58 millones de años, el tiempo desde el final del período Cretácico hasta el comienzo del período Cuaternario. Hoy, usamos un sistema diferente, pero el nombre Terciario todavía es común para la primera parte de la Era Cenozoica. En lugar de Terciario, se utilizan Neógeno y Paleógeno. Este es el período de aparición de los mamíferos, tras la extinción de los DINOSAURIOS.

**Terremoto:** Una sacudida repentina y violenta del suelo, que a menudo causa una gran destrucción. Es el resultado de movimientos dentro de la corteza terrestre o la acción volcánica.

**Tormenta geomagnética:** También conocida como tormenta solar o magnética, es la perturbación en la atmósfera superior de la Tierra debido a grandes erupciones de la corona solar.

**Torrente:** Agua que fluye rápidamente, como la de tormenta o arroyos y ríos que desbordan sus orillas.



**Triásico:** Es un período geológico que abarca 50,9 millones de años desde el final del Pérmico (hace 252 millones de años) hasta el comienzo del Jurásico (hace 201 millones de años). El Triásico es el primer período del Mesozoico.

**Tsunami:** Una serie de grandes olas producidas por el desplazamiento de un gran volumen de agua debido a un terremoto o deslizamiento de tierra submarino.

**Tubo de magma:** Ubicado en el interior del volcán. Es un espacio vertical o forma de túnel que se forma a partir de la presión del magma que empuja hacia arriba.

## V

**Valle del Rift:** Es una depresión escalonada con forma lineal entre varias tierras altas o cadenas montañosas creadas por la acción de fallas. Se forma en un límite de placa divergente, donde la superficie tiende a separarse, y que posteriormente se profundiza aún más por las fuerzas de erosión. Al proceso de ruptura se asocia un vulcanismo específico. Cuando las fuerzas de tensión son lo suficientemente fuertes como para hacer que la placa rompa, la zona central se hunde entre los dos bloques en sus flancos, formando un graben. El hundimiento producido por fallas deja paredes empinadas, casi paralelas de un valle del rift. A medida que el proceso continúa, el valle se ensancha hasta convertirse en una gran cuenca que se llena con sedimentos de las paredes del rift y el área circundante. Uno de los ejemplos más conocidos de este proceso es el Rift de África Oriental. En la Tierra, las fisuras pueden ocurrir en todas las alturas, desde el fondo del mar hasta las mesetas y cadenas montañosas en la corteza continental o en la corteza oceánica. A menudo se asocian con una serie de valles subsidiarios o co-extensivos contiguos, que generalmente se consideran parte del principal valle del rift.

**Vent (salida principal):** Un respiradero volcánico es ese lugar en la corteza terrestre donde entran en erupción gases, roca fundida, lava y rocas. Los respiraderos volcánicos pueden estar en la parte superior de algunos de los volcanes más grandes de la Tierra, como el Mauna Kea de Hawai, o pueden ser aberturas en la corteza terrestre en el fondo del océano. La forma del respiradero volcánico a veces puede definir si el volcán es explosivo o no.

**Ventana tectónica:** Un parche de roca subyacente más joven, que está expuesta y completamente rodeada por terrenos de roca más antigua. Es una consecuencia de la erosión, que eliminó parte de la unidad suprayacente, e hizo aflorar la unidad subyacente. Las ventanas generalmente ocurren en cuencas topográficas o valles profundos en forma de V. Las ventanas pueden tener casi cualquier tamaño, desde un par de metros hasta cientos de kilómetros.



**Volcán:** Una abertura en la corteza terrestre. Magma, gases, fragmentos de roca, lava y cenizas se expulsan por la abertura o ventilación. A menudo tiene la forma de una montaña.

**Volcán activo:** Es el volcán que ha entrado en erupción desde la última edad de hielo (es decir, en los últimos ~ 10,000 años).

**Volcanoclástica / Roca volcanoclástica:** Es una roca, compuesta principalmente de material volcánico. Este material puede ser piroclástico (fragmentos derivados del vulcanismo explosivo) o hialoclástico (fragmentos formados por choque térmico cuando la lava caliente entra en contacto con el agua fría del mar o del lago). El término volcanoclastico incluye todas las partículas volcánicas independientemente de su origen.

**Volcán en escudo:** Generalmente construido casi en su totalidad con flujos de lava fluida. Se llama así por su perfil bajo, parecido al escudo de un guerrero tirado en el suelo. Esto es causado por la lava altamente fluida (de baja viscosidad) y viaja más lejos que la lava que brota de los estratovolcanes.

**Volcán extinto:** El volcán que nadie espera que vuelva a entrar en erupción.

**Volcán inactivo:** El volcán que no ha entrado en erupción en los últimos 10.000 años, pero se espera que vuelva a entrar en erupción.

**Volcán Maar:** Uno de los resultados de las erupciones freatomagmáticas. Están definidos por cráteres en forma de cuenco que tienen entre 10 m y más de 500 m de profundidad en la superficie anterior a la erupción. Después de los conos de ceniza, los maars son la segunda forma de relieve volcánica más común.

**Volcán monogenético:** El resultado de un solo (o muy pocos) pulsos magmáticos. La duración de la actividad volcánica es de horas a años, generando un volcán monogenético, construido a partir de la acumulación piroclástica durante la erupción, y un flujo de lava. En todos los casos, el edificio volcánico final tiene una forma similar, que muestra un cono truncado simple con un cráter generalmente en forma de cuenco en su parte superior. La mayoría de ellos son conos de ceniza basálticos y / o andesíticos.

**Vulcanismo poligenético / volcanes poligenéticos:** Volcanes que tuvieron más de un periodo de actividad durante su historia.

**Vulcanólogo/a:** Científico/a que estudia volcanes.

## Z

### Zona de subducción – región donde ocurre el proceso de subducción.

#### PATRIMONIO GEOLOGICO

**Antropoceno:** Define la propuesta más reciente de la Tierra para un intervalo de tiempo geológico, basado en la evidencia global abrumadora de que los procesos atmosféricos, geológicos, hidrológicos, biosféricos y de otros sistemas terrestres ahora son alterados por humanos. La palabra combina la raíz "antropo", que significa "humano" con la raíz "-ceno", el sufijo estándar para "época" en el tiempo geológico.

**Calentamiento global:** Los científicos están preocupados por el calentamiento global debido al efecto invernadero. Si la atmósfera continúa calentándose, existe la preocupación de que los casquetes polares se derritan y luego pueda comenzar una nueva era de hielo.

**Conservación:** Utilización de los recursos naturales con cuidado y sabiduría.

**Efecto invernadero:** Causado por un exceso de dióxido de carbono en la atmósfera. El dióxido de carbono es producido por combustibles fósiles cuando se queman. El dióxido de carbono atrapa el calor del sol. Por eso se llama efecto invernadero. El calor atrapado provoca el calentamiento global.

**Fósiles:** Restos o moldes corporales conservados, impresión, rastro de cualquier forma viviente en tiempos geológicos pasados, como dientes, huesos, conchas, exoesqueletos, huellas, restos petrificados, petróleo, etc. El proceso de conservación se llama fosilización y la totalidad de fósiles se conoce como registro fósil.

**Geoconservación:** Un área relativamente nueva de conservación de la naturaleza que tiene como objetivo preservar la diversidad natural del medio ambiente no vivo (geodiversidad). También podría definirse como la identificación y el cuidado de sitios que hacen una contribución especial a nuestro patrimonio de la Tierra y que pueden ilustrar la historia de la Tierra. La fuerte evolución de la geoconservación durante los últimos años la convierte en una nueva rama de las geociencias aplicadas con conceptos propios y actividades específicas en la evaluación de la geodiversidad, geoeducación, geoturismo y geoparques. En este sentido el objetivo de la geoconservación es identificar los valores de la geodiversidad en relación con la biodiversidad y los valores culturales para una adecuada gestión y conservación.



**Geodiversidad:** Es la variedad de materiales, formas y procesos terrestres que constituyen y dan forma a la Tierra a nivel global y local. Los componentes de la geodiversidad varían en el tiempo, como resultado de procesos anteriores o en curso y se transforman continuamente, incluida la eliminación completa.

**Geoeducación:** Todas las herramientas, materiales y actividades interiores y exteriores que describen la experiencia educativa dedicada a enseñar y aprender sobre la geodiversidad de la Tierra y su impacto en la vida y las actividades humanas. La geoeducación proporciona a las personas el conocimiento de cómo funcionan los mundos humanos y naturales a escalas local, regional y global, y el uso de diferentes perspectivas para comprender el mundo. La geoeducación es parte de la geoconservación y en un sentido más amplio de educación para el desarrollo sostenible.

**Geopatrimonio o patrimonio geológico:** Parte de la geodiversidad identificada como importante desde el punto de vista cultural, científico, educativo y turístico y digna de ser preservada.

**Geoparque:** Los Geoparques Globales son áreas geográficas únicas donde los sitios y paisajes de importancia geológica internacional se gestionan con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible en beneficio de las comunidades locales.

**Geoproducto:** Un producto relacionado con las actividades del geoparque, inspirado en la geodiversidad local o el patrimonio geológico y que tenga un impacto socioeconómico.

**Geositio:** O sitio geológico o geoetiqueta es un área donde la geodiversidad tiene características especiales o distintivas que expresan un marco geológico específico que vale la pena ser preservado y manejado para investigación, educación o turismo.

**Geoturismo:** Es el turismo que sustenta y realza la identidad de un territorio, teniendo en cuenta su geología, medio ambiente, cultura, estética, patrimonio y el bienestar de sus habitantes. El turismo geológico es uno de los múltiples componentes del geoturismo.

**Mapa mental:** Es la percepción que tiene una persona de su área de interacción.



**Patrimonio Cultural:** Es el legado de representaciones tangibles e intangibles desarrolladas por una comunidad y transmitidas de generación en generación. El patrimonio cultural incluye el patrimonio cultural tangible, como edificios, monumentos, paisajes, libros, obras de arte y artefactos, y el patrimonio cultural inmaterial, como el folclore, las tradiciones, el idioma y el conocimiento, y el patrimonio natural, incluidos los componentes o representaciones de geodiversidad y biodiversidad de importancia cultural.

## Estudio de caso sobre geología del geoparque Novohrad-Nógrád

### Geoparque mundial de la UNESCO Novohrad-Nógrád (Geoparque transnacional eslovaco-húngaro)

#### Geología del Geoparque

**Marco geológico.** El patrimonio geológico del Geoparque representa una historia acaecida durante los últimos 30 millones de años, desde el Oligoceno superior en adelante, comenzando con la apertura inicial de la cuenca de Panonia. La geología de la región es producto de la colisión de terrenos acumulados como consecuencia de un vulcanismo de alta complejidad que abarca 20 millones de años, la destrucción y reactivación de cuencas marinas, el entierro y la conservación de paleohábitats terrestres.

Estos eventos crearon un paisaje único al que el hombre ha sumado su contribución. Las viviendas cueva fueron talladas en las rocas sedimentarias, las crestas de los diques de andesita y basalto y los picos ascendentes de los respiraderos volcánicos están marcados por las ruinas de los castillos medievales.

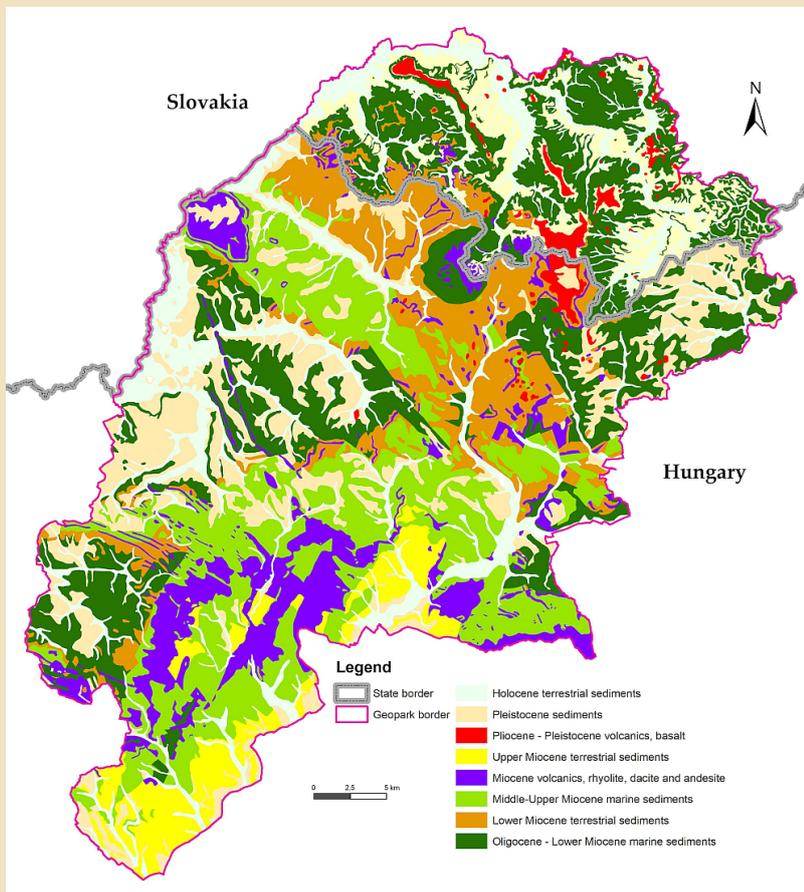


Figura 1.40. Mapa geológico simplificado del geoparque Novohrad-Nógrád

## Estudio de caso sobre geología del geoparque Novohrad-Nógrád

### Patrimonio Geológico internacional

Hay sitios volcánicos de interés internacional como el basalto de Somoska y la andesita columnar de Bér, algunos están ilustrados por fotografías adjuntas.

Además de estos, algunos sitios paleontológicos del geoparque también son reconocidos a nivel mundial.

#### El barranco de los huesos

Es la localidad fósil más importante del lado eslovaco. Los animales quedaron atrapados en un lago de del Plioceno y sus esqueletos se fosilizaron. Predominantemente mastodontes, rinocerontes y tapires, pero también se excavaron huesos de oso panda, restos de mono, hiena. Es una localidad tipo para la zona NM 16 de la Escala Bioestratigráfica del Neógeno Europeo.

#### El Área de Conservación de la Naturaleza de Fósiles de Ipolytarnoc

Es una "Pompeya prehistórica" mundialmente reconocida debido a una catástrofe volcánica, que destruyó y al mismo tiempo conservó un paleohábitat terrestre hace unos 17 millones de años. Este Lagerstätten se considera uno de los principales sitios de fósiles en Europa Central. El sitio en sí es la principal puerta de entrada al Geoparque y se ha convertido en uno de los destinos geoturísticos más visitados de Hungría.

**Dientes de tiburón:** Las capas de arenisca costera reelaboradas del Mioceno Inferior albergan una comunidad de tiburones muy diversa, con un amplio rango especial, y que incluye 19 géneros con 16 especies determinadas. Este llamado "lecho con dientes de tiburón" también contiene una mezcla de restos de rayas, delfines, manatíes y cocodrilos.

**Árboles petrificados:** Todo un bosque fue destruido y silicificado por el vulcanismo, coexistieron al menos 7 especies de coníferas, 4 de hoja caduca y 1 de palma, incluido un holotipo de laurel fósil recientemente identificado. Impresiones de hojas: Un estudio paleobotánico reciente identificó 64 taxones entre la gran colección de restos macroflorales, esta flora extremadamente laurófila se clasifica como "Florenkomplex Ipolytarnóc".

**Ichnofossils:** Se han excavado, estudiado y reinterpretado abundantes huellas bien conservadas de vertebrados fósiles desde el año de 1900. Hasta el momento se conocen al menos 40 taxones de vertebrados con 11 especies determinadas.

## Estudio de caso sobre geología del geoparque Novohrad-Nógrád

**Fósiles ex situ:** Árboles de Bükkábrány: Frente al Centro de Visitantes se encuentran resguardados troncos de árboles fósiles de cipreses blancos y parientes de secuoyas de 7 millones de años, todavía de madera, rescatados de la mina a cielo abierto de lignito de Bükkábrány.

*Figura 1.41. Huellas de millones de años en Ipolytarnoc Fossils*



### Rocas sedimentarias.

Hay rocas sedimentarias marinas del Oligo-Mioceno y Mioceno Medio-Superior (piedra caliza, margas, lutitas, areniscas, calcarenitas, etc.) y diversos sedimentos terrestres del Mioceno al Holoceno (conglomerado, arena, aleurita, aliginita, arcilla abigarrada, leña, lignita, loess, travertino, etc.) que fueron depositados en las cuencas del Geoparque. Algunas de estas capas de sedimentos produjeron fósiles excepcionales como los llamados lechos de Ipolytarnoc.



*Figura 1.42. Sedimentos fluviales del desfiladero de París en Nógrádszakál (Hungría)*

## Estudio de caso sobre geología del geoparque Novohrad-Nógrád

### Magmatismo

Las principales rocas ígneas expuestas del Geoparque son diversas extrusivas (volcánicas), las intrusivas (plutónicas) no son tan variadas. Los últimos son respiraderos profundamente erosionados y diques alimentadores de volcanes de andesita y basalto y cuerpos magmáticos subvolcánicos expuestos (lacolitos) con contenido de granate y fragmentos de peridotita (xenolitos) en lava basáltica del manto superior. Hay grandes bloques de granodiorita en el lahar del Mioceno con origen exterior.

La enorme variedad de vulcanismo neógeno incluye flujos de piedra pómez, ignimbritas riolíticas, volcanes compuestos de dacita y andesita formados tanto en entornos submarinos como terrestres, una meseta de basalto que se destaca entre los ejemplos ininterrumpidos más grandes de Europa, diatremas de maar y no solo basalto columnar sino también raros ejemplos de andesita columnar.



*Figura 1.43. Sedimentos fluviales del desfiladero de París en Nógrádszakál (Hungria)*



*Figura 1.44. Sedimentos fluviales del desfiladero de París en Nógrádszakál (Hungria)*

## Estudio de caso sobre geología del geoparque Novohrad-Nógrád



*Figura 1.45. Volcán compuesto de andesita de Sámsonháza (Hungria)*

### Metamorfismo.

Se pueden encontrar xenolitos de granulita en rocas volcánicas y cuarcitas, esquistos, gneis, filitas, pizarra, etc. guijarros en grava con cierto metamorfismo a lo largo de las zonas de contacto de rocas ígneas y sedimentarias, pero no se conocen afloramientos grandes cuerpos intactos de rocas metamórficas dentro del Geoparque.

### Estructura geológica.

La orogenia Saviana creó una estructura de horst y graben con fallas normales dentro del territorio del Geoparque. Los movimientos verticales a lo largo de fallas alcanzaron los 250-400 m. Las orogenias posteriores, hasta el Rhodanian, produjeron conjuntos adicionales de fallas longitudinales y transversales.



*Figura 1.46. Falla en calcarenita en las paredes de las cuevas de ermitaño de Szentkút (Hungria)*



## Estudio de caso sobre geología del Geoparque de las Sierras Subbéticas

### Patrimonio geológico internacional.

Hay dos elementos de renombre internacional en el Geoparque de las Sierras Subbéticas. La intensa karstificación de las rocas carbonatadas y dolomíticas ha dado lugar a una plétora de estructuras de solución y precipitación, bellamente conservadas. Estos incluyen poljes, dolinas, sumideros, lapiaz, cañones, ponores, manantiales, cuevas, galerías, espeleotemas, travertinos e incluso expresiones palaeokarst, todas las estructuras posibles que uno puede esperar en un entorno kárstico.

El otro aspecto ampliamente conocido de las Sierras Subbéticas es la impresionante abundancia y diversidad de ammonites. Este grupo cosmopolita de moluscos mesozoicos, común en los antiguos océanos Jurásico y Cretácico, está particularmente bien representado en este Geoparque. Además de su valor estético supremo, los ammonites de las Sierras Subbéticas tienen una clara relevancia científica, proporcionando una sólida precisión bioestratigráfica a toda la región. Muchas especies han sido definidas y descritas aquí, y hoy en día forman parte de esquemas bioestratigráficos utilizados para la asignación de edades de otros territorios con la misma edad. Además, el afloramiento del límite del Cretácico Jurásico en el geoparque ha sido intensamente estudiado y se ha postulado como una Sección de Estratotipo de Límite Global.



*Figura 1.48. La Nava Polje, una de las estructuras kársticas más espectaculares del Geoparque de las Sierras Subbéticas.*

## Estudio de caso sobre geología del Geoparque de las Sierras Subbéticas



*Figura 1.49. Afloramiento de la Formación Ammonitico Rosso en Sierras Subbéticas, la unidad que exhibe más característicamente la fauna de amonites del Jurásico.*

### Rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias son, con mucho, las más abundantes del geoparque. Desde la base hasta la parte superior, consisten en lechos rojos del Triásico que incluyen evaporitas y calizas menores, una secuencia jurásica de calizas que muestran diferentes facies con intercalaciones menores de margas y una secuencia potente y monótona de margas cretáceas. Por encima de esta serie mesozoica, las margas y areniscas terciarias menores se encuentran dispersas por todo el territorio.

### Magmatismo.

Las rocas ígneas en el geoparque son escasas y están formadas todas por subvolcánicas máficas de diferentes edades. Dispersos en el territorio, hay afloramientos menores de rocas diabasas del Triásico que muestran textura ofítica, y cerca del margen oriental, hay un lacolito intrusivo de doleritas intensamente meteorizadas, de edad jurásica inferior.



## Estudio de caso sobre geología del Geoparque de las Sierras Subbéticas



*Figura 1.50. Vista del cielo del afloramiento del lacolito jurásico al suroeste de Priego de Córdoba.*

### **Magmatismo.**

Las rocas ígneas en el geoparque son escasas y están formadas todas por subvolcánicas máficas de diferentes edades. Dispersos en el territorio, hay afloramientos menores de rocas diabasas del Triásico que muestran textura ofítica, y cerca del margen oriental, hay un lacolito intrusivo de doleritas intensamente meteorizadas, de edad jurásica inferior.

### **Metamosfismo.**

No existen rocas metamórficas cartografiadas en el territorio, aunque dentro del suelo circundante al lacolito mencionado anteriormente, es posible encontrar algunos pequeños granos de mármol producto del metamorfismo de contacto asociado a la inyección de las subvolcánicas máficas.

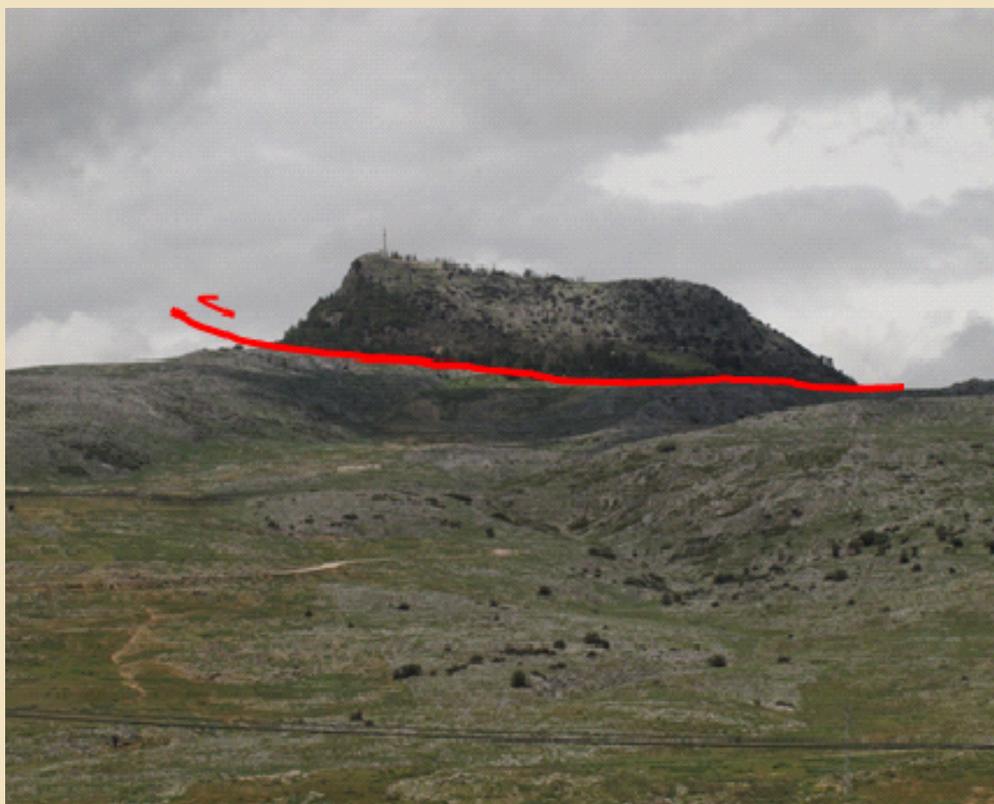
### **Estructura geológica.**

Las rocas mesozoicas que componen el marco geológico del geoparque fueron todas deformadas durante la Orogenia Alpina, en el Mioceno. El patrón de deformación consiste en un cinturón de pliegues y cabalgamientos, con un nivel de despegue en los lechos rojos del Triásico. Asociado a esta deformación, el geoparque muestra ejemplos muy didácticos de klippes tectónicos, pliegues y fallas normales. Además, el límite norte del geoparque representa el frente de empuje orientado hacia el promontorio norte de la cuenca del Guadalquivir.

## Estudio de caso sobre geología del Geoparque de las Sierras Subbéticas



*Figura 1.51. Frente de Empuje Bético en el límite norte del Geoparque de las Sierras Subbéticas.*



*Figura 1.52. El Picacho de Cabra, un klippe tectónico conformado por dolomías del Jurásico Inferior que empujan sobre calizas del Jurásico medio a superior.*

## Referencias

1. Anastasiu, N., Grigorescu, D., Mutihac, V., Popescu. Ghe. 2007. *Dicționar de Geologie. Ediția a 2-a. Editura Didactică și Pedagogică R.A. București. p 341*
2. Golonka, Jan, Lisa Gahagan, Michał Krobicki, Frantisek Marko, Nestor Oszczytko, and Andrzej S´ la, czka, 2006, *Platetectonic evolution and paleogeography of the circum-Carpathian region*, in J. Golonka and F. J. Picha, eds., *The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources: AAPG Memoir 84*, p. 11 – 46.
3. Golonka, Jan, 2015. *Early Paleozoic Paleogeography of the Eastern European Platform*. APG
4. *Datapages/Search and Discovery Article #90226 © 2015 European Regional Conference and Exhibition, Lisbon, Portugal, May 18-19, 2015*
5. Gregorač, V. 1995. *Mali leksikon geologije. 1st edition. Published by: Tehniška založba Slovenije.*
6. GSA - Geologic time scale: <https://www.geosociety.org/documents/gsa/timescale/timescl.pdf>
7. Levenson, E. 1994. *Teaching children about Life and Earth. Published by: TAB Books, a division of McGraw-Hill, Inc.*
8. McCann, T. (Ed.), 2008a. *The Geology of Central Europe. Volume 1: Precambrian and Palaeozoic, Geological Society, London*
9. Neubauer, F. 2003: *Geology of Europe. In: De Vivo, B., Grasemann, B. & Stüwe, K.: Volume Geology.*
10. *Encyclopedia of Life Supporting Systems. 17 printed pages + 18 figures), UNESCO Publishing-Eolss*
11. *Publishers, Oxford, UK (Online version: www.eolss.net).*
12. Pavšič, J.(ed.). 2006. *Geološki terminološki slovar. Published by: ZRC SAZU.*
13. PLANT J. A., WHITTAKER A., DEMETRIADES A., DE VIVO B. and LEXA J., 2005. *Thegeological and tectonic framework of Europe. In: Geochemical Atlas of Europe. Part 1. Background Information, Methodology, and Maps (Salminen R. et al., Eds). Geological Survey of Finland, Espoo. p. 23-42. ISBN 951-690-913-2 (Electronic publication, URL address: http://gtk/publ/foregsatlas, March 15, 2005).*
14. Press, F., Siever, R., 1998 – *Understanding Earth, WH Freeman and Company, 682 p*
15. SCOTESE, C.R., 2009, *Late Proterozoic plate tectonics and palaeogeography: a tale of twosupercontinents, Rodinia and Pannotia From: CRAIG, J., THUROW, J., THUSU, B., WHITHAM, A. & ABUTARRUMA, Y. (eds) Global Neoproterozoic Petroleum Systems: The Emerging Potential in North Africa. Geological Society, London, Special Publications, 326, 67–83. DOI: 10.1144/SP326.4 0305- 8719/09/\$15.00. The Geological Society of London 2009.*
16. Schulmann, K. & Gayer, R., 2000. *A model for a continental accretionary wedge developed by oblique collision: the NE Bohemian Massif, J. Geol. Soc. Lond. 157, 401–416.*

## Referencias

17. Repcheck, J. 2003. *The Man Who Found Time: James Hutton and the discovery of Earth's antiquity*, Perseus Publishing, USA
18. Winchester, S. 2001. *The Map That Changed the World: A Tale of Rocks, Ruin and Redemption*.
19. Penguin Books Ltd, UK.
- 20.\*\*\* Stone, Water and Ice. *A geology trip through the Burren*. 3rd edition. Published by: The Burren and Cliffs of Moher UNESCO Global Geopark.

## RECURSOS ONLINE

21. <http://www.mineralogy4kids.org/rock-cycle/metamorphic-rocks>
22. <https://socratic.org/questions/what-are-the-3-main-types-of-seismic-waves-how-do-they-differ-from-eachother>
23. <https://en.wikipedia.org/wiki/Orogeny>
24. <https://en.wikipedia.org/wiki/Continent>
25. <https://en.wikipedia.org/wiki/Subduction>
26. [https://en.wikipedia.org/wiki/Rift\\_valley](https://en.wikipedia.org/wiki/Rift_valley)
27. <https://en.wikipedia.org/wiki/Klippe>
28. <http://www.mineralogy4kids.org/rock-cycle/metamorphic-rocks>
29. <https://socratic.org/questions/what-are-the-3-main-types-of-seismic-waves-how-do-they-differ-from-eachother>
30. <https://en.wikipedia.org/wiki/Orogeny>
31. <https://en.wikipedia.org/wiki/Continent>
32. <https://en.wikipedia.org/wiki/Subduction>
33. [https://en.wikipedia.org/wiki/Rift\\_valley](https://en.wikipedia.org/wiki/Rift_valley)
34. <https://en.wikipedia.org/wiki/Klippe>
35. [https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s\\_inner\\_core#Density\\_and\\_mass](https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_inner_core#Density_and_mass)
36. [https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s\\_internal\\_heat\\_budget](https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_internal_heat_budget)
37. <https://www.kean.edu/~csmart/Structural/Lectures/01/Rock%20Review.htm>
38. <http://www.mineralogy4kids.org/?q=rock-cycle/foliated-metamorphic-rocks>
39. <http://www.mineralogy4kids.org/?q=rock-cycle>
40. [https://en.wikipedia.org/wiki/Structure\\_of\\_the\\_Earth](https://en.wikipedia.org/wiki/Structure_of_the_Earth)
41. [https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s\\_crust](https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_crust)
42. [https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s\\_inner\\_core#Density\\_and\\_mass](https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_inner_core#Density_and_mass)