



Clase 3 - Rocas y Minerales

513113 Introducción a la Geofísica
Pedagogía en Ciencias Naturales

Matt Miller, Daniel Marcos
Departamento de Geofísica
Universidad de Concepción
mrmiller@udec.cl
www.mttmlr.com



Introducción - Objetivos

- Clasificar los diferentes tipos de rocas y resumir sus maneras de formación.
- Relacionar la composición de una roca en términos de sus minerales componentes.
- Inferir las condiciones necesarias para la formación de cristales de diferentes tamaños y estructuras.
- Identificar algunos tipos de rocas de la corteza terrestre.
- Analizar unidades geológicas en términos de sus edades relativas.
- Resumir los procesos que permiten la determinación de la edad absoluta de una unidad geológica.
- Describir los procesos que permiten el movimiento vertical y exposición de las rocas de la corteza.



Tipos de Rocas

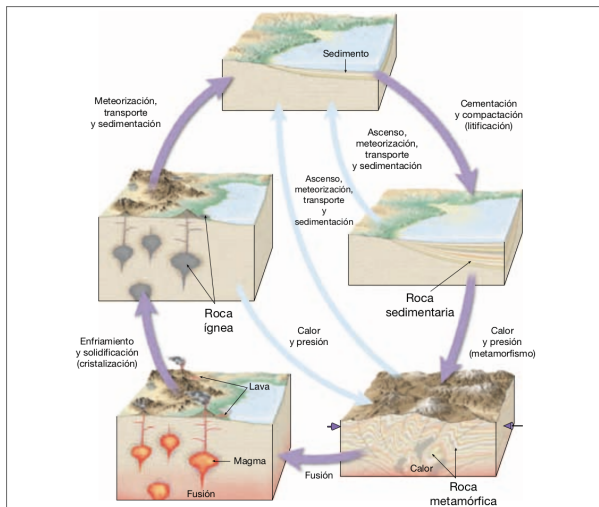


Figura 1: Tipos de rocas y las conversiones entre ellas.
(Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 1.11)



Tipos de Rocas

- La Figura 1 demuestra que las rocas están en constante formación, cambio y reformación.
- Existen tres diferentes tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas.
- Rocas ígneas se generan por el enfriamiento de fundidos dentro de la Tierra (magma) o en su superficie (lava).
- Rocas metamórficas se producen por la acción de presión y/o temperatura dentro de la Tierra.
- Rocas sedimentarias se originan cuando partículas producidas por la erosión (de otras rocas y/o orgánicas) se depositan por la acción del aire o del agua, o por la precipitación de minerales en agua.



Minerales

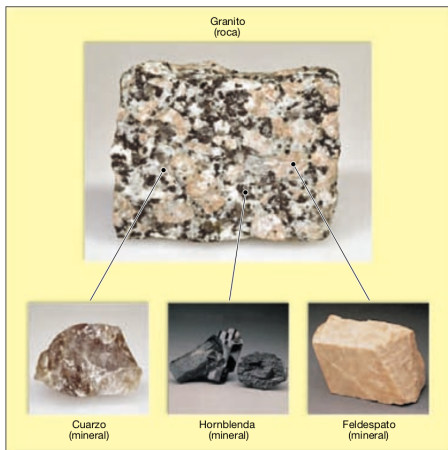


Figura 2: La mayoría de rocas están formadas por varias clases de minerales.
(Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 3.2)



- Típicamente las rocas de la Tierra están compuestas por varios minerales.
- Estos minerales contienen mucho silicio y oxígeno, los elementos más abundantes en la corteza y manto terrestre.
- La Figura 2 muestra el granito y sus componentes: cuarzo, hornblenda y feldespato. Además, el granito puede contener minerales adicionales como la biotita.
- El tipo de roca ígnea producida depende de las características químicas del fundido.
- En general, un fundido con mayor SiO_2 produce una roca más "clara". Por ejemplo, un basalto contiene $\sim 53\%$ SiO_2 , para un granito es $\sim 73\%$.
- Muchos organismos tienen conchas compuestas por carbonato, y algunas rocas sedimentarias como la caliza tienen mucho CO_3 .



Formas de Materia

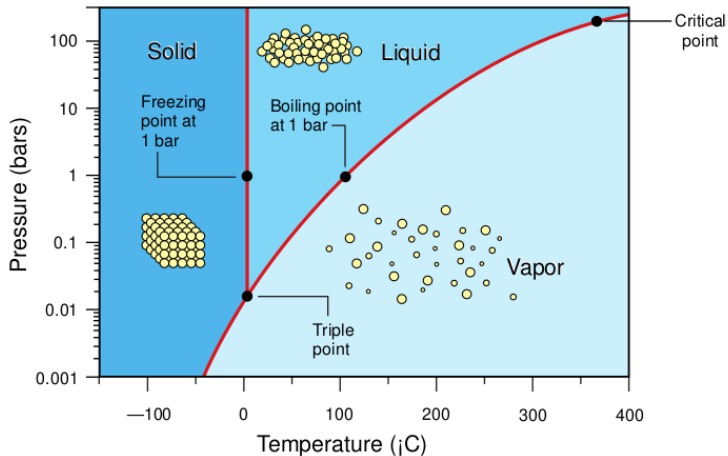


Figura 3: Representación de los estados de materia del H_2O .
(Fuente: Earth's Dynamic Systems Cap. 3)



Formas de Materia

- La Figura 3 muestra los estados de materia para el agua. A una presión de 1 bar (100 kPa), cerca de la presión terrestre al nivel del mar, el agua se derrite a 0°C y hierve a 100°C .
- Se puede notar que a diferentes presiones, las transiciones entre las fases ocurren a diferentes temperaturas. Por ejemplo, en el Monte Everest el agua hierve a 68°C .
- A presiones menores que el punto triple, el sólido se convierte directamente al vapor (sublimación). Encima el punto crítico, no se puede determinar una diferencia entre el líquido y el vapor.
- En un sólido, los átomos están fijados en su lugar, y solamente pueden oscilar alrededor de un punto central (a mayores temperaturas, la amplitud de la oscilación aumenta).
- En un líquido, los átomos se puede mover libremente, mientras que se mantienen con cierta conexión. En un gas, los átomos se mueven libremente hasta llenar su contenedor.



Estructuras Atómicas

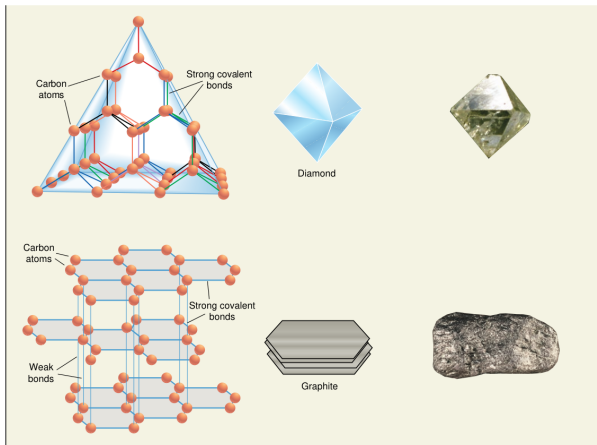


Figura 4: Las estructuras atómicas del diamante y grafito.
(Fuente: Earth's Dynamic Systems Cap. 3)



Estructuras Atómicas

- Diferentes minerales pueden tener composiciones químicas similares pero propiedades físicas muy diferentes directamente dependiente de su estructura atómica.
- El ejemplo de la Figura 4 muestra la configuración de átomos de carburo en el diamante y el grafito. Se puede notar las diferentes formas cristalinas.
- El grafito está compuesto por laminas de carburo, dentro de estos planos las enlaces covalentes mantienen una estructura dura, pero entremedio de los planos se puede fracturar fácilmente el mineral.
- El diamante tiene una forma tetraédrica y es el mineral más duro que existe.
- La formación de estos minerales ocurre a diferentes presiones. Los diamantes se forman a profundidades superiores a 150 km en los cratones antiguos de la corteza continental (después veremos cómo pueden alcanzar la superficie terrestre).



Crecimiento de Cristales

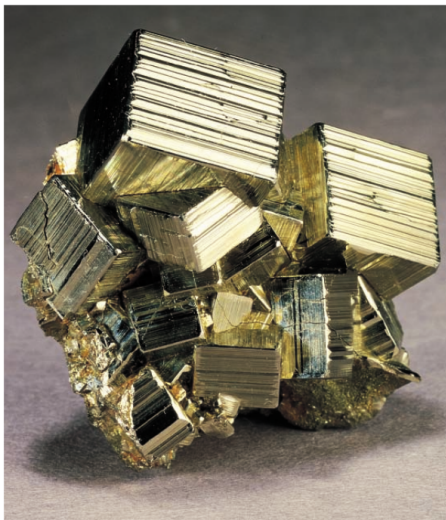


Figura 5: La pirita (FeS_2) esta compuesta por cristales cúbicos. (Fuente: Earth's Dynamic Systems Cap. 3)



Crecimiento de Cristales

- Las cristales crecen entrelazados. El ejemplo de la Figura 5 muestra la pirita (oro de tontos) con su distinta forma cúbica.
- Los tamaños de los cristales dependen de la cantidad de cristales creciendo al mismo tiempo. Cuando los cristales compiten por el espacio no pueden alcanzar tamaños grandes.

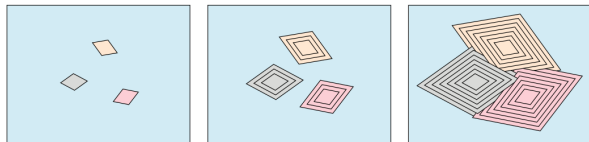


Figura 6: Textura generado por el crecimiento simultáneo de cristales. Estas texturas están comunes en rocas ígneas. (Fuente: Earth's Dynamic Systems Cap. 3)



Rocas Ígneas

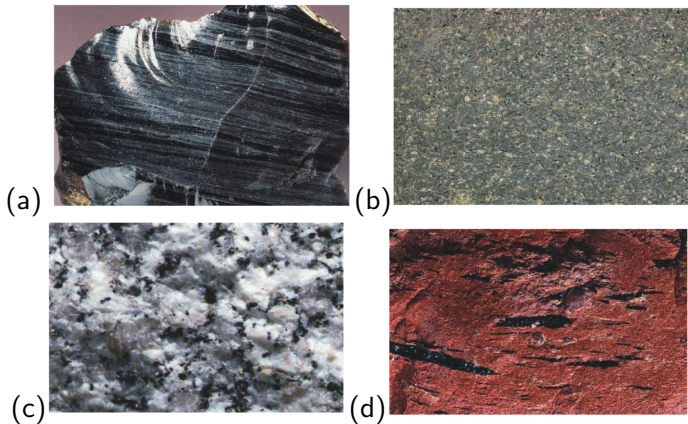


Figura 7: Texturas de algunas rocas ígneas. (a) Vidrio Volcánico; (b) Riolita; (c) Granito; (d) Roca Piroclástica. (Fuente: Earth's Dynamic Systems Cap. 4)



Rocas Ígneas

- La Figura 7 (a) muestra vidrio volcánico, que tiene una textura no-cristalina. Esta roca extrusiva (formada en la superficie) se produce por un magma explosivo que se enfría tan rápido que no hay tiempo suficiente para que crezcan cristales - los átomos “se congelan” en sus lugares no mas.
- La 7 (b) muestra riolita. Esta roca extrusiva formada cuando un flujo de lava, rica en sílice, se enfría bastante rápido en la superficie terrestre y contiene minerales de grano fino.
- La 7 (c) muestra granito. Esta roca intrusiva (formada dentro de la corteza) se viene magma que se enfría más lento que la riolita, y entonces sus minerales son de grano mediano (unos mm).
- Por último, la 7 (d) muestra roca piroclástica. Esta roca extrusiva esta compuesta de fragmentos de rocas expulsados por erupciones volcánicas.



Rocas Sedimentarias

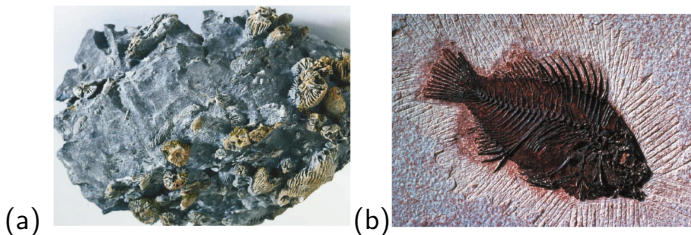


Figura 8: (a) La caliza, una roca sedimentaria formada predominantemente en el mar, con abundantes fragmentos de concha. (b) Ejemplo de un fósil encontrado en sedimentos marinos. (Fuente: Earth's Dynamic Systems Cap. 5)

- Rocas sedimentarias están formadas en ambientes deposicionales. Contienen fósiles, material orgánico y siempre forman en capas.



Rocas Metamórficas

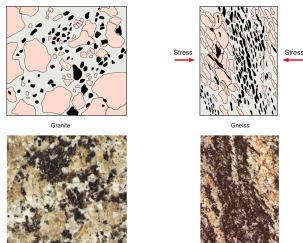


Figura 9: Ejemplo de metamorfismo: Granito (izquierda) se convierte en gneis (derecha) por la acción de la presión. (Fuente: Earth's Dynamic Systems Cap. 6)

- Rocas metamórficas se generan por la modificación de rocas ígneas o sedimentarias a través de las presiones y/o temperaturas elevadas dentro de la Tierra.
- Durante el metamorfismo, ambos cambios físicos (deformación y alineación de los minerales existentes) y químicos (conversión de un mineral a otro) son posibles.



Rocas Metamórficas

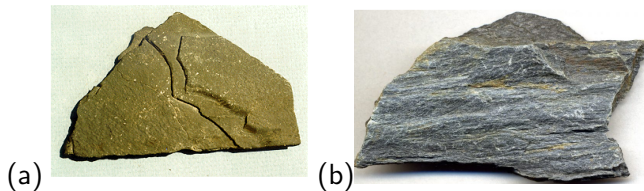


Figura 10: (a) Roca pizarra. (b) Roca filita. (Fuente: ECU Geology 15.01)

- La Figura 10 (a) muestra pizarra. Esta roca está derivada de una roca sedimentaria como arcilla o ceniza volcánica, por la acción de una presión uniaxial. La fuerte compresión encausa a los minerales a volver a crecer en la dirección perpendicular a la fuerza, en planos.
- Mayor compresión causa la formación de minerales más grandes de mica (mineral blanca) alineadas en estos planos, y se forma una filita.



Unidades Geológicas

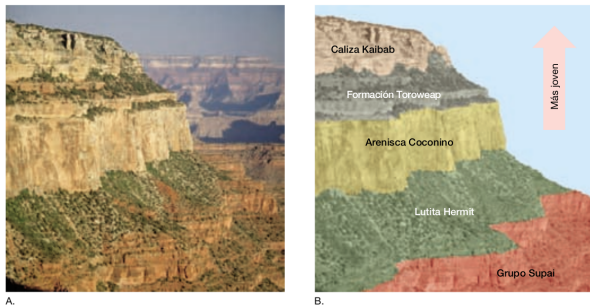


Figura 11: Unidades geológicas en el parte superior del Gran Cañon, la foto (A) y su interpretación (B). (Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 9.2)

Unidades Geológicas

- El punto clave en interpretar unidades geológicas es que la unidad superior es más joven.
- Si existe un periodo de erosión entremedio de dos periodos deposicionales, las edades de las unidades no tienen que estar consecutivas, pero el patrón general sigue.
- A veces, una roca ígnea intrusiva puede adentrarse entre dos capas sedimentarias recién formadas.

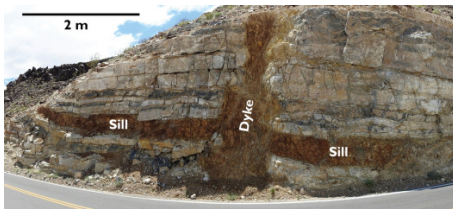


Figura 12: Láminas (sills) y una dique (dike), rocas intrusivas entre las capas sedimentarias. (Fuente: ScienceDirect)



Datación Geológica

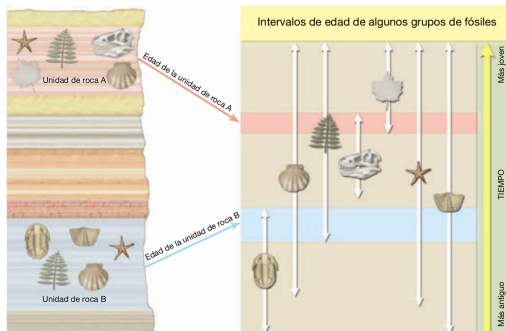


Figura 13: Usando los fósiles se pueden determinar la edad geológica de una unidad. (Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 9.8)

- La edad geológica, obtenida con fósiles, es relativa. Se pueden conocer la edad absoluta de las unidades por mediciones en rocas intrusivas entre los sedimentos.



Datación Radiométrica

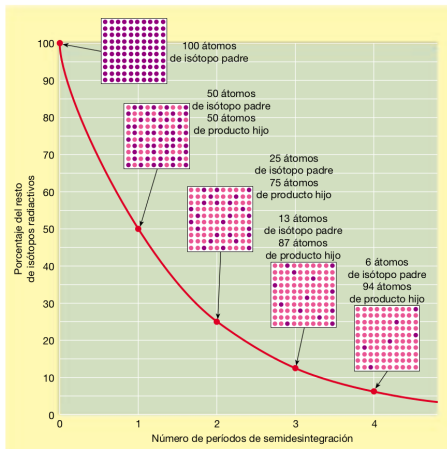


Figura 14: Decaimiento radiactivo sigue una forma exponencial.
(Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 9.11)



Datación Radiométrica

- Existen átomos radioactivos dentro de minerales (por ejemplo, el rubidio).
- Dentro de los minerales, la cantidad de estos átomos radioactivos (átomos padres) disminuye de forma exponencial, produciendo átomos hijas.
- Durante un cierto periodo de tiempo, llamado la vida media, la mitad de los átomos padres restantes decaen.
- Si la vida media de un sistema es conocida, se puede medir la tasa padre-hija para conocer la edad absoluta de la roca.
- Los relojes radiométricos inician cuando se enfría el fundido y se generan los minerales. Necesitan que los átomos en los minerales están en posiciones fijos y que no se pueden intercambiar con átomos de otros minerales para que la medición funcione.



Escala del Tiempo Geológico

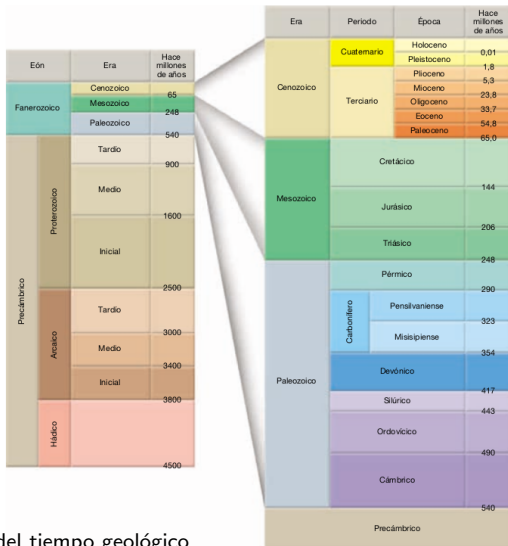


Figura 15: La escala del tiempo geológico. (Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 9.13)



Escala del Tiempo Geológico

- La Figura 15 muestra la escala de tiempo geológico. La parte derecha es un zoom de los últimos 540 millones de años, cuando las cosas se pusieron interesantes (fósiles de animales con conchas).
- Los eras, periodos y épocas están definidos por divisiones en el tiempo de los tipos de fósiles que se encuentran en estas unidades geológicas. Por ejemplo, el Periodo Mesozoico se termina con la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años.
- Las edades absolutas de estas subdivisiones están dadas por mecanismos como la datación radiométrica.



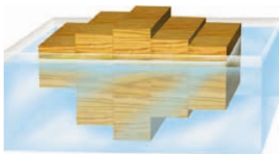


Figura 16: Cómo flotan bloques de madera con espesores diferentes.
(Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 14.15)

- Isostasia esta basada en el principio de Arquímedes.
- El principio de la isostasia es que las rocas de la corteza menos densas flotan encima de la parte más densa y deformable del manto.
- La Figura 16 demuestra la isostasia del Airy. En la Tierra, cadenas de montañas como los Andes tienen raíces continentales para compensar el peso adicional topográfico.
- La compensación ocurre cuando la presión en la base de cada columna es igual.



Ajuste Isostático

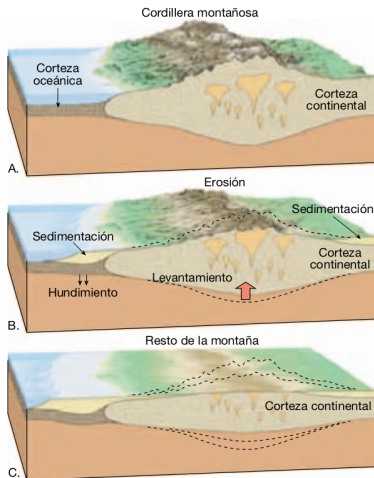


Figura 17: El efecto combinado de la erosión y el ajuste isostático produce un levantamiento de rocas intrusivas dentro de la corteza.

(Fuente: Tarbuck y Lutgens Fig. 14.16)



- La corteza continental tiene mayor espesor en las regiones con cargas topográficas, por ejemplo cordilleras. Cuando las montañas están en formación, crece el raíz continental (Figura 17 (A)).
- Por ejemplo, la corteza en Chile tiene un espesor de ~ 35 km, pero debajo de los Andes y del Altiplano este espesor aumenta a ~ 70 km.
- Cuando el efecto de la erosión es mayor que el efecto del levantamiento tectónico, reduce la carga topográfica y eso produce levantamiento de la corteza (17 (B)).
- La erosión y el levantamiento continúan, y en consecuencia rocas que estaban formadas dentro de la Tierra alcanzan a su superficie (17 (C)).



Resumen - Conclusiones

- Existen tres diferentes clasificaciones mayores de rocas - ígneas, sedimentarias y metamórficas - y siempre existen conversiones entre ellas dado que la Tierra es un sistema tectónicamente dinámico.
- La mayoría de las rocas están compuestas por minerales. Los tipos y tamaños de los minerales dependen de su composición química, su estructura atómica, y sus condiciones de formación.
- Los fósiles se encuentran en las rocas sedimentarias.
- Los estudios de las diferentes capas de unidades geológicas, y los fósiles que contienen, permite la generación de una escala de tiempo geológico.
- Datación radiométrica permite un mecanismo para determinar edades absolutas de rocas antiguas.
- A través del ajuste isostático las rocas se pueden mover verticalmente en la Tierra. Cientos de millones de años de erosión pueden permitir que rocas y minerales inicialmente a grandes profundidades puedan alcanzar a la superficie terrestre.



Preguntas

- 1 Describe un mecanismo que permite la conversión de una roca sedimentaria a una roca ígnea.
- 2 En las playas de esta región, especialmente las playas compuestas por arena negra (basalto erosionado), la arena “brilla” en el sol como si fuese de oro. ¿Qué causa este efecto? ¿Qué minerales son responsables?
- 3 ¿Por qué el agua en la cima del Monte Everest hierve a solo 68°C ?
- 4 ¿Por qué los diamantes se encuentran en solo algunas lugares en la Tierra?
- 5 La Figura 11 muestra el parte superior del Gran Cañon. ¿Por qué las diferentes unidades geológicas tienen diferentes pendientes?
- 6 Investigar fotos del Valle Cochamó en Chile. ¿Qué tipo de roca forma los acantilados del borde de este valle? ¿Dónde se genera esta roca? ¿Cómo llegó a la superficie?



Lectura y actividades adicionales

- Leer sobre la desaparición de los dinosaurios en Tarbuck y Lutgens p. 276.
- Estar consciente que el sitio web zoom.earth les entrega imágenes de satélite en tiempo real.
- Explorar el programa de Google Earth. Cargar [esta mapa geológica](#) en Google Earth y explorar la geología de Concepción. ¿Qué tipos de roca forma la Península Hualpén? ¿Sobre que tipo de roca esta construida la ciudad de Concepción?
- Explorar la página web de [Wikiloc](#). Bajar [esté camino](#) y cargarlo a su celular para navegar (si actualmente quieren hacer este recorrido, sugiero que otoño es ideal).
- Visitar el [Museo Geológico de la UdeC](#).

