

## Guía rocas sedimentarias

GL3101-3

Semestre otoño 2020

**Sedimentos:** Son los precursores de las rocas sedimentarias; son partículas provenientes de los procesos de meteorización y erosión de rocas preexistentes (rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias). Estos sedimentos contienen en ellos la información sobre las condiciones de la superficie terrestre existentes en el lugar de depositación y las características de la fuente de dichos sedimentos.

**Rocas sedimentarias:** A medida que se acumulan los sedimentos, producto de la continua meteorización, erosión y transporte de estos, los materiales más próximos al fondo se compactan y durante largos periodos de tiempo la materia mineral depositada en los espacios que quedan entre las partículas de sedimentos van cementando dichos sedimentos (análogo al cementado que une ladrillos en una pared), lo que genera la formación de una roca sedimentaria.

Los sedimentos y las rocas sedimentarias formadas a partir de ellos son producto de los procesos externos asociados al ciclo de las rocas. Estos procesos actúan en las rocas una vez que éstas han sido expuestas en superficie y son resultado de la interacción entre la actividad tectónica y el clima.

Se puede considerar a las rocas sedimentarias como una capa algo discontinua y delgada de la porción más externa de la corteza; esto tiene mucho sentido considerando que el sedimento se acumula en la superficie terrestre.

Dado lo anterior, las capas de roca sedimentaria que se forma en la superficie contienen evidencias de acontecimientos pasados que ocurrieron en la superficie terrestre. Las rocas sedimentarias contienen de manera natural indicadores de

ambientes en los cuales se depositaron las partículas que hoy forman dichas rocas y sus mecanismos de transporte.

El ciclo de formación de las rocas sedimentarias exige la acción de proceso externos, los cuales son (en orden):

1. Meteorización (mecánica y química)
2. Erosión
3. Transporte
4. Depositación
5. Enterramiento
6. Diagénesis

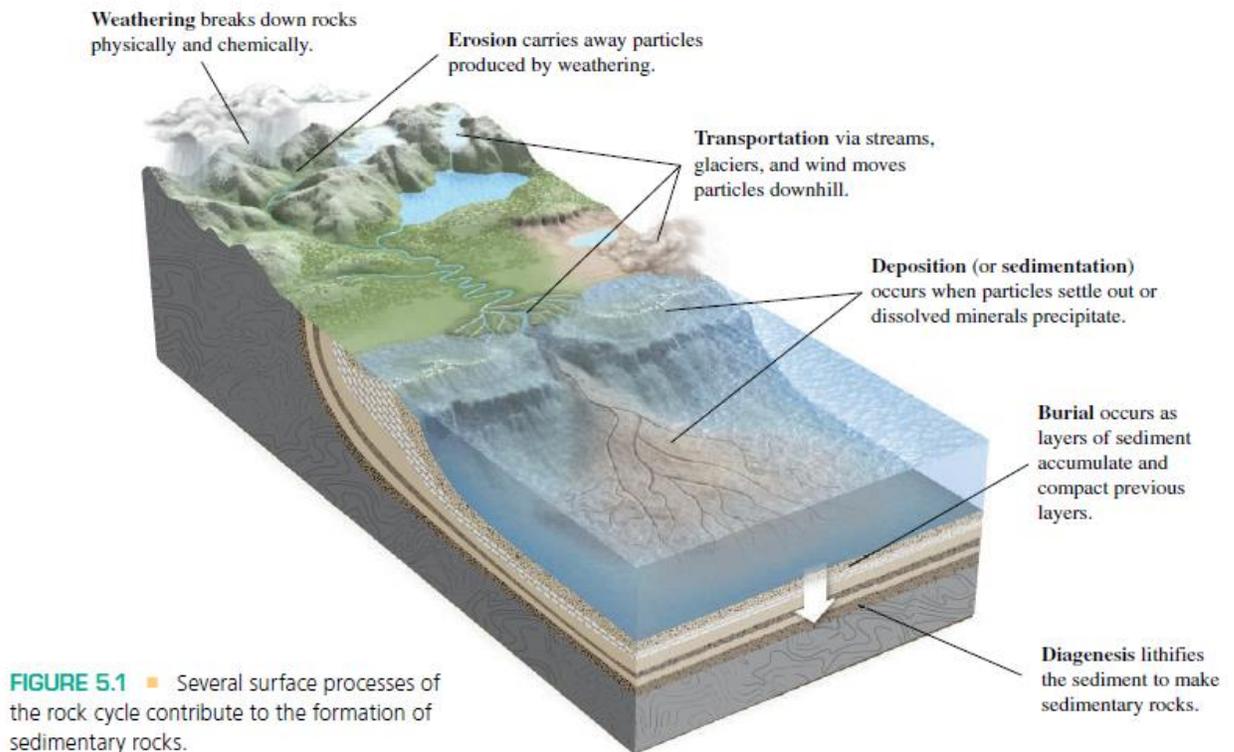


Figura 1. Procesos externos responsables de la formación de rocas sedimentarias.

## **Meteorización:**

La meteorización se refiere al proceso de desintegración y descomposición de las rocas de la superficie terrestre y de esta manera producir sedimentos que, posteriormente, formarán rocas sedimentarias.

La **meteorización mecánica o física** es la desintegración o rotura de una roca en fragmentos más pequeños de la misma roca sólida, mediante procesos mecánicos causados por los cambios de temperatura, humedad y actividad biológica (animales y plantas).

Los fragmentos en los que se descompone la roca conservan cada uno las características de la roca original, aumentando el área expuesta a la meteorización química.

En la naturaleza, hay cuatro procesos mecánicos importantes que inducen la fragmentación de una roca: gelifracción o fragmentación por helada, expansión por descompresión, expansión térmica y actividad biológica.

La *gelifracción* se genera por ciclos repetidos de congelación y deshielo. Dado que el agua líquida tiene la propiedad única de expandirse cuando se congela, en este punto las moléculas de agua están más separadas en la estructura cristalina que en el agua líquida. Como consecuencia se ejerce una gran presión hacia afuera del espacio en donde está confinada el agua, expandiendo grietas y aumentando su tamaño.

La *expansión por descompresión* se da cuando grandes masas de rocas ígneas quedan expuestas a la erosión superficial y empiezan a fragmentarse en lonjas concéntricas (**lajeamiento**), simulando las capas de cebolla. Se infiere que la descompresión se genera debido a la erosión de la roca que se encuentra por encima de la roca que se fragmenta, es decir, se elimina la presión de confinamiento.



Figura 2. *Expansión por descompresión. Se pueden observar las capas concéntricas del lajeamiento.*

En la *expansión térmica*, el ciclo diario de temperatura puede meteorizar las rocas, en especial en aquellos ambientes en donde las variaciones de temperatura se dan en un rango alto, como por ejemplo los desiertos cálidos en donde las variaciones pueden superar los 30°C. El calor genera una expansión y el enfriamiento una reducción repetida de minerales que tienen variados índices de expansión, por lo que ejercen cierta tensión sobre la capa externa de la roca.

La *actividad biológica* de los microorganismos, entre los que están los animales excavadores, las plantas y el ser humano, lleva a cabo una meteorización mecánica de tal forma que fragmenta la roca mediante la intrusión de raíces de plantas que generan fracturas en busca de nutrientes y agua, o a través de animales excavadores capaces de desplazar material hacia la superficie en donde los procesos son más efectivos.



*Figura 3. Fracturamiento de la roca producto de los diferentes agentes de meteorización mecánica.*

La **meteorización química** se refiere a aquellos procesos en los cuales los minerales contenidos en la roca se alteran químicamente o son disueltos, siendo el agua el agente de meteorización química más importante. Por ejemplos, se puede dar oxidación, producto del oxígeno disuelto en el agua, como también puede darse hidrólisis producto del dióxido de carbono disuelto en agua, el cual produce ácido carbónico que acelera la descomposición de silicatos.

Dichos procesos convierten los constituyentes de la roca en minerales nuevos o los liberan al ambiente. Durante este proceso la roca se descompone en sustancias que son estables en el ambiente superficial, por lo que permanecerán inalterados hasta que cambien las condiciones de formación.

Ambos tipos de meteorización se potencian entre ellas; de esta manera la meteorización química debilita la roca y la hace más susceptible a la fragmentación mecánica. A su vez, mientras más pequeños son los fragmentos producidos por la meteorización mecánica, mayor es el área susceptible a meteorización química.

La velocidad a la cual la roca se meteoriza depende de varios factores como el *tamaño de la partícula*, en donde los fragmentos pequeños generalmente se

meteorizan más rápido que los fragmentos más grandes. Otro factor es la *composición mineral* (Figura X.; y los *factores climáticos*, principalmente la temperatura y la humedad.

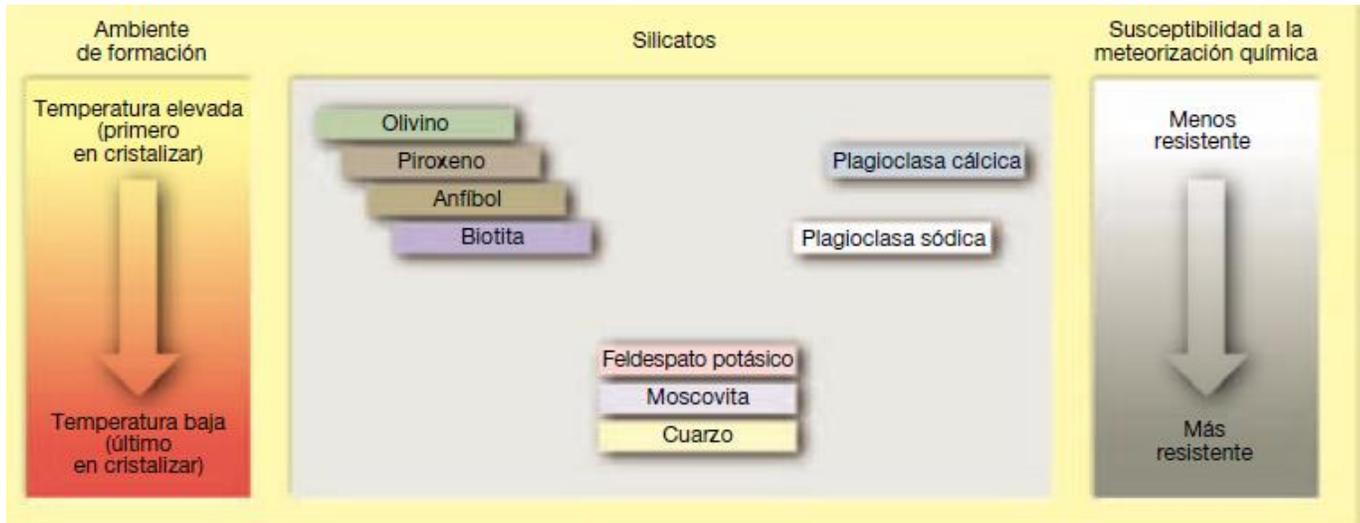


Figura 4. Meteorización de silicatos comunes. El orden de meteorización química coincide con el orden de cristalización.

La **erosión** se refiere al proceso de remover desde su fuente las partículas formadas producto de la meteorización. Existen distintos agentes erosivos, los cuales determinan, junto al transporte, las características del retrabajo que afecta al sedimento. La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores, como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento, la gravedad y la acción vegetal y animal.

Todas las formas de relieve están sometidas a la acción de agentes erosivos, los cuales van destruyendo y construyendo relieve.

Ya vimos que la meteorización es la responsable de la fragmentación de las rocas, luego los agentes erosivos remueven y transportan estos fragmentos, en donde descienden por las laderas de los cerros producto de la gravedad, luego son arrastrados por glaciares en movimiento y/o ríos, para ser finalmente depositadas en el fondo del mar o en otras cuencas en donde se acumulan estos fragmentos en forma de sedimentos.

Las manifestaciones de la erosión se deben principalmente a la acción combinada de aire y agua en sus tres estados. Estos fluidos reaccionan por la degradación mecánica a escala macroscópica y por la degradación química a escala microscópica, en donde los principales tipos de erosión son la **eólica** (acción del viento), **glaciar**, **fluvial y marina**.

La energía necesaria para la erosión se obtiene de factores como la radiación del sol, la gravedad terrestre y la acción gravitatoria Luna-Sol.

El **transporte** se refiere al proceso por el cual los sedimentos llegan al área de enterramiento o despositación gracias al viento, agua o glaciares en movimiento. Va de la mano con la erosión. Por ejemplo, las lluvias realizan una acción muy destructiva sobre las rocas; gran parte de ella penetra el suelo y disuelve los terrenos. Otra parte de la lluvia fluye por las montañas debido a la gravedad, formando corrientes de agua. En su camino a la desembocadura, estos cursos de agua erosionan los terrenos a la vez que arrastran materiales (transporte) y los depositan en su curso inferior y en el mar. En su fluir, los cursos de agua continúan erosionando el relieve, formando valles fluviales.

Según la fuerza del agente de transporte (agua o aire y el peso del material transportado, el transporte puede realizarse por:

- Reptación o rodadura: los materiales pesados son arrastrados sin levantarlos del suelo.
- Saltación: pequeñas partículas se elevan y vuelven a caer.
- Suspensión: el aire o el agua transportan partículas muy finas que no se depositan en el suelo.
- Disolución: los materiales se transportan como iones disueltos en el agua.

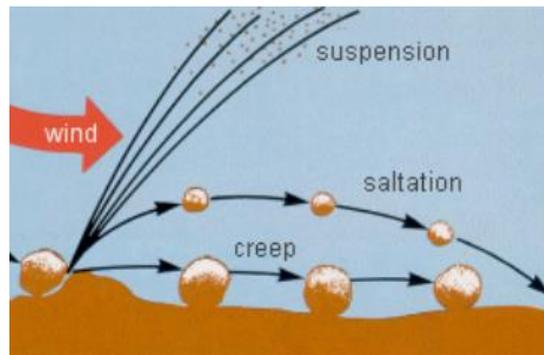


Figura 5. Mecanismos de transporte en un flujo (ya sea aire o agua).

La **depositación** se genera cuando el agente de transporte pierde energía y ya no es capaz de seguir transportando las partículas y las deposita, o aquellas soluciones disueltas precipitan. Los sedimentos generados por los procesos continuos de meteorización, erosión y transporte son llevados hasta zonas llamadas cuencas de sedimentación.

El sedimento puede experimentar grandes cambios una vez que fue depositado. El término **diagénesis** se refiere a todos aquellos cambios físicos, químicos y biológicos que experimentan los sedimentos luego de su deposición.

La continuidad de estos procesos genera una capa sedimentaria, luego otra encima de la anterior, y así sucesivamente durante grandes lapsos de tiempo. Esta repetición de capas superponiéndose genera mantos de sedimentos, uno sobre otro; lo que a su vez genera un incremento de presión en las mismas capas, provocándose el **enterramiento**.

El enterramiento promueve la diagénesis, ya que a medida que los sedimentos se depositan unos sobre otros, van siendo enterrados. Éstos son sometidos a temperaturas y presiones cada vez mayores, en donde la diagénesis actúa en el interior de los primeros kilómetros de la corteza terrestre a temperaturas inferiores a los 150-200°C.

La diagénesis incluye el proceso de **litificación**, que se refiere a los procesos mediante los cuales los sedimentos no consolidados se transforman, finalmente, en rocas sedimentarias. Los procesos fundamentales de la litificación son la **compactación y la cementación**.

La **compactación** es el cambio diagenético físico más habitual y generalmente el primero que ocurre. Consiste en la reducción del espacio poroso entre partículas dado por el aumento de presión que genera la superposición de capas sedimentarias a lo largo del tiempo. A medida que el sedimento se va enterrando se induce cada vez más la aproximación de los granos. Existe, entonces, una reducción de volumen de material. Por ejemplo, una capa de arcilla enterrada debajo de varios miles de metros puede reducir su volumen hasta un 40 por ciento.

La **cementación** es el proceso más importante de la diagénesis. En esta etapa los sedimentos se convierten en rocas. A diferencia de la compactación, este es un cambio diagenético químico, que implica la precipitación de los minerales entre los granos sedimentarios individuales. El agua que percola entre los espacios abiertos entre las partículas de la capa sedimentaria transporta materiales cementantes en solución; que una vez que las condiciones del sistema cambian ya no son solubles, por lo que precipitan entre las partículas. A lo largo del tiempo, el cemento llena los espacios entre los granos (**clastos**), tal y como el cemento de construcción rellena los espacios entre los ladrillos.

Además de la reducción de poros por la superposición de capas durante la compactación; la cementación también genera una reducción del espacio poroso debido a la adición de partículas de cemento entre los granos de sedimento.

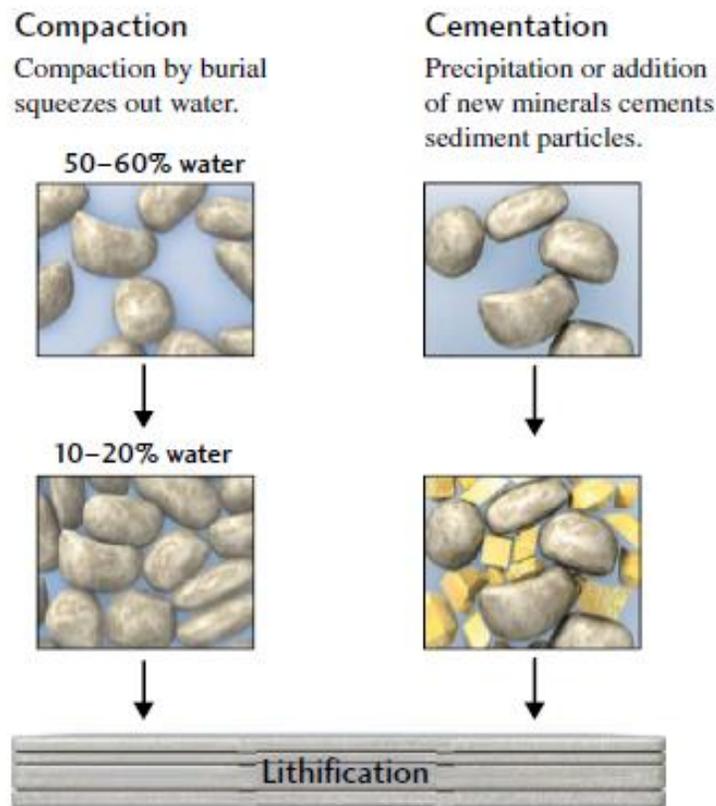


Figura 6. Etapas diagenéticas caracterizadas por reducción de espacio poroso, ya sea por aumento de presión (compactación) o por la precipitación de partículas de cemento (minerales) entre las partículas de sedimento.

Llegando a este punto, lo que venían siendo granos individuales de sedimentos generados por los procesos de meteorización mecánica y química de rocas existentes en la superficie terrestre, y que son sometidas a los procesos externos de erosión, transporte, depositación, enterramiento y los procesos diagenéticos recién mencionados; se convierte en una **roca sedimentaria**.

### **Rocas sedimentarias y sus características**

El sedimento del que se origina la roca sedimentaria está compuesto de partículas provenientes de la meteorización de rocas preexistentes en la superficie, por lo que son granos individuales de distintos tamaños y formas. A medida que se avanza en las etapas del proceso sedimentario, los granos o **clastos** de sedimento se van **retrabajando** debido a la abrasión que genera el transporte de las partículas.

Dependiendo de la **energía, duración y tipo de transporte** se irá modificando la forma y tamaño de estos clastos.

Es en este punto donde los conceptos de **redondeamiento** y **esfericidad** aparecen. La abrasión durante el transporte reduce el tamaño de las partículas y cambia su forma, reduciendo su angularidad y generando clastos más redondeados y esféricos. Esto se cumple a una mayor energía, mayor distancia y también un mecanismo de transporte abrasivo.

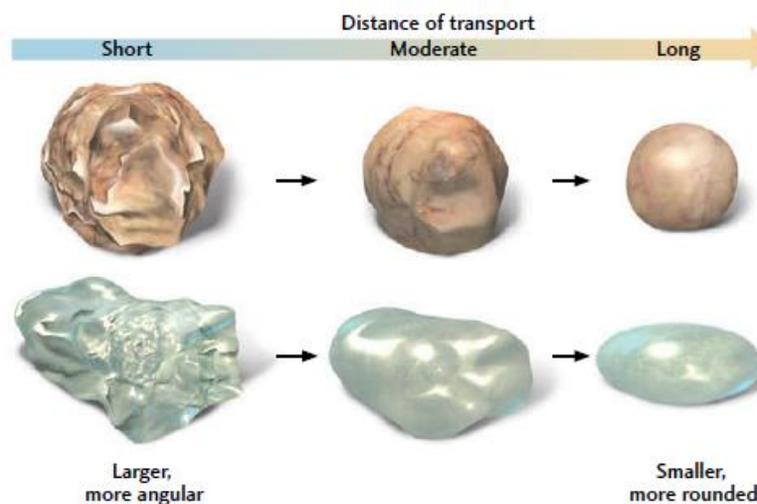


Figura 7. Cambios en la forma y tamaño de las partículas en función de la distancia de transporte.

Se definen nombres de sedimentos y sus rocas sedimentarias asociadas en función del tamaño del clasto y al origen del sedimento. El sedimento tiene dos orígenes principalmente; por un lado, puede ser acumulación que se origina y transporta en forma de clastos sólidos, derivados de la meteorización mecánica y química de rocas preexistente en la superficie terrestre. Las rocas asociadas a este origen se denominan **rocas sedimentarias detríticas**. El otro origen posible de los sedimentos es el material soluble producido en gran medida mediante meteorización química; cuando estas sustancias disueltas son precipitadas gracias a procesos orgánicos e inorgánicos, el material se conoce como sedimento químico y las rocas producidas a partir de estos sedimentos se llaman **rocas sedimentarias químicas**.

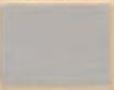
Rocas sedimentarias detríticas				Rocas sedimentarias químicas				
Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca	Composición	Textura	Nombre de la roca		
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado	Calcita, CaCO <sub>3</sub>	No clástica: cristalino de fino a grueso	Caliza cristalina		
		Grava (clastos angulosos)	Brecha			Travertino		
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena	Arenisca		Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón visibles, cementados débilmente	Coquina		
		(Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)			Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón de diversos tamaños cementados con cemento de calcita	Caliza fosilífera		
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo	Limolita		Clástica: caparazones y arcilla microscópicos	Creta		
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla	Lutita		Cuarzo, SiO <sub>2</sub>	No clástica: cristalino muy fino	Rocas silíceas (sillex) (color claro) Pedernal (color oscuro)	
					Yeso, CaSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O	No clástica: cristalino de fino a grueso	Yeso	
					Halita, NaCl	No clástica: cristalino de fino a grueso	Salgema	
				Fragmentos vegetales alterados	No clástica: materia orgánica de grano fino	Hulla		

Figura 8. Clasificación de rocas sedimentarias a partir del tamaño, origen y características del sedimento.

## Rocas sedimentarias detríticas

Se puede encontrar una gran variedad de minerales y fragmentos dentro de las rocas sedimentarias detríticas, pero los componentes fundamentales de la mayoría de estas rocas son minerales de arcilla y de cuarzo. Esto dado que los minerales de arcilla son el producto más abundante de la meteorización química de los silicatos.

El cuarzo, por su parte, es muy duradero y resistente a la meteorización química.

El tamaño del clasto es fundamental a la hora de describir y obtener información de una roca sedimentaria detrítica, ya que entrega información sobre los ambientes deposicionales. Las corrientes de aire o de agua seleccionan los clastos por tamaños; cuanto mayor energía tiene la corriente, mayor será el tamaño del clasto transportado. Se necesita mayor energía para transportar clastos de grava, como por ejemplo avalanchas y glaciares; que para transportar arena o arcilla.

La roca sedimentaria tiene dos componentes a grandes rasgos: la matriz y los clastos. Los clastos se refieren a aquellos fragmentos de tamaños mayores y la matriz son aquellos fragmentos que tienen un menor tamaño. Decidir qué es matriz y qué es clastos en una roca sedimentaria es una decisión relativa que toma el científico a la hora de describir la roca.



Figura 9. Roca sedimentaria clástica con matriz de color pardo.

En base al tamaño del clasto se describen a continuación los distintos tipos de rocas sedimentarias detríticas:

**Lutita:** Es una roca sedimentaria detrítica compuesta por las partículas más finas de sedimento: la arcilla y el limo. Constituyen más de la mitad de todas las rocas sedimentarias. Las partículas constituyentes son tan finas que no pueden identificarse con facilidad, viéndose como una superficie lisa.

Al ser tan finas sus partículas, implica una energía muy baja del ambiente sedimentario en el que se formó. Estas diminutas partículas de la lutita indican que se produjo en un depósito como consecuencia de la sedimentación gradual de corrientes no turbulentas relativamente tranquilas. Entre estos **ambientes sedimentarios** se encuentran los *lagos, las llanuras de inundación de los ríos, lagunas y zonas de las cuencas oceánicas profundas.*

Conforme las partículas de limo y arcilla se van acumulando, tienden a formar capas delgadas llamadas **láminas**, debido a la compactación que elimina el espacio poroso y va ordenando las partículas de una forma paralela.

Dada la compactación de estas partículas tan pequeñas, no existe espacio para partículas de cemento, por lo que se dice que las lutitas están poco cementadas y se describen como débiles.

Una roca que suele agruparse con la lutita es la limolita; pero ésta última está formada por partículas de limo mayoritariamente y de manera subordinada las partículas de arcilla.

Suelen encontrarse restos orgánicos (fósiles) como constituyentes bioclásticos de estas rocas.



*Figura 10. Lutitas de distintas tonalidades, dada las distintas condiciones del ambiente sedimentario.*

**Arenisca:** Es una roca sedimentaria compuesta por clastos tamaño arena. Se forman en diversos ambientes sedimentarios. La **selección** de los clastos se refiere a la semejanza de tamaños relativos dentro de la roca. Estudiando este rasgo podemos entender de la corriente que transportó los sedimentos. Los depósitos de arena transportadas por el viento tienen una mejor selección que aquellos depósitos de arena transportada por el oleaje. Cuando la distancia de transporte es relativamente corta es posible encontrar una mala selección de los clastos; por ejemplo cuando una pendiente montañosa se vuelve menos empinada la velocidad de transporte disminuye y se depositan de manera poco seleccionada los clastos.



*Figura 11. Areniscas.*

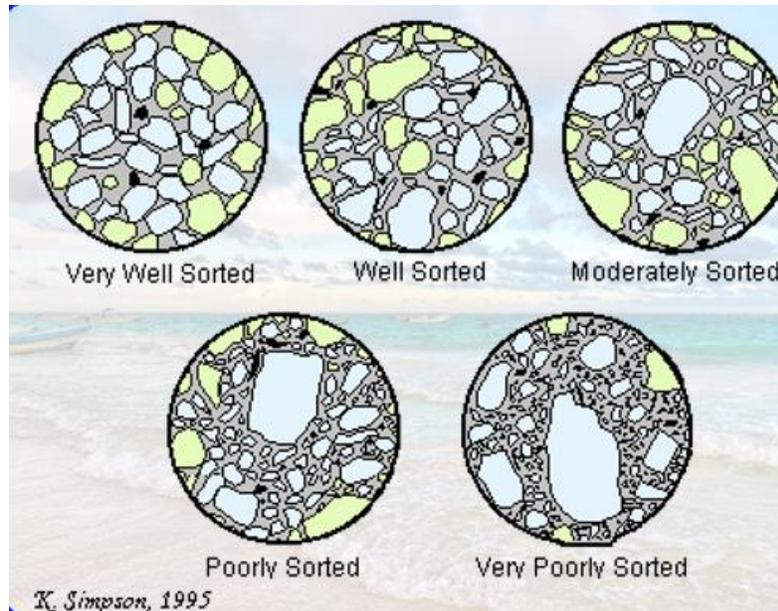


Figura 12. Selección del tamaño de clastos en una roca sedimentaria.

### Conglomerado y Brecha

Son aquellas rocas sedimentarias formadas por fragmentos de tamaño grava. Ésta se acumula en diversos ambientes sedimentarios y normalmente indica la existencia de pendientes de alto ángulo o corrientes muy turbulentas (transporte de alta energía). Se puede observar de manera simple el redondeamiento y esfericidad de sus clastos, por lo que podemos obtener información sobre el ambiente.

Si los clastos son redondeados se le llama conglomerado, y si tiene sus clastos abgulosos se le llama brecha sedimentaria.



Figura 13. Conglomerado sedimentario con matriz color amarilla y clastos en tonos oscuros.

## **Rocas sedimentarias químicas**

La precipitación de los sedimentos químicos se produce de dos maneras:

- Procesos inorgánicos como la evaporación y actividad química.
- Procesos orgánicos de organismos acuáticos que producen sedimentos de origen bioquímico.

La **caliza** es la roca sedimentaria química más abundante y se compone de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Existen varios tipos de calcita dependiendo de sus procesos de origen orgánico o inorgánico. Las **dolomías** son rocas sedimentarias compuestas por dolomita (carbonato cálcico-magnésico) y se forman cuando el magnesio del agua de mar reemplaza el calcio de las calizas.

Las **rocas silíceas (sílex)** se componen de cuarzo microcristalino y se piensa que se formaron por procesos bioquímicos. Esto debido a que los microorganismos acuáticos esqueléticos son capaces de extraer el sílice del agua de mar, aunque contenga pocas cantidades.

Las **evaporitas** se forman por la sedimentación de precipitados químicos provocados por la evaporación. En el pasado, muchas áreas que ahora son tierras secas eran cuencas, sumergidas bajo cuerpos someros de agua salada con conexiones estrechas al mar. Bajo estas condiciones, el agua del mar entraba continuamente a la bahía para sustituir el agua perdida por evaporación, hasta que en un punto se saturaba y se iniciaba la deposición de sal.

La precipitación de minerales desde el agua salada lo hacen en un orden determinado por su solubilidad, siendo los menos solubles aquellos que precipitan primero y los más solubles los que precipitan al final.

El **carbón** es una roca sedimentaria química compuesta por materia orgánica que ha experimentado alteración química, lo que derivaría del enterramiento de grandes cantidades de materia vegetal durante millones de años.

Un ambiente propenso para la acumulación por años de materia vegetal es el ambiente pantanoso, ya que debe ser un ambiente pobre en oxígeno para evitar la descomposición de la materia vegetal.

## **Ambientes Sedimentarios**

Son aquellos lugares donde se acumulan los sedimentos. Se agrupan en continentales, marinos y de transición; cada uno con sus características físicas, químicas y biológicas.

Los **ambientes continentales** están dominados por la erosión y la deposición asociadas a corrientes (agua o aire); son el agente dominante de alteración de paisaje, erosionando más tierra y transportando y depositando más sedimentos que cualquier otro proceso. En las regiones áridas el viento predomina como agente de alteración y los depósitos resultantes se llaman eólicos, y en las regiones frías predominan los ríos, en donde los depósitos reciben el nombre de fluviales. Existen también, los ambientes lacustres, glaciales y aluviales.

Los **ambientes marinos** se dividen en función de su profundidad, en donde sobre los 200 metros se le llama marino somero y bajo este límite se llama marino profundo. Los sedimentos pueden transportarse por las corrientes marinas y acumularse en cualquier parte del fondo oceánico.

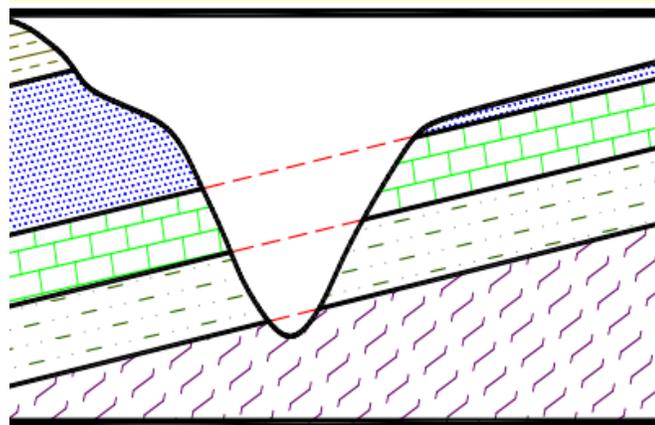
Los **ambientes de transición** se caracterizan por estar situados en la zona límite continente – mar, y los sedimentos se acumulan por aporte continental y aporte marino.



Figura 14. Ambientes sedimentarios.

### Principios de estratigrafía

1. Principio de la **horizontalidad** original y **continuidad** lateral de los estratos: Los estratos en el momento de su depositación son horizontales y paralelos a la superficie de depósito y quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral.





2. Principio de **superposición**: en una sucesión de estratos, las capas inferiores son las más antiguas y las capas superiores son más jóvenes. Esta solo aplica cuando la deformación tectónica posterior no implica una inversión de estratos.
3. Principio de **uniformitarismo o actualismo**: “El presente es la clave del pasado”. Se asume que los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia son los mismos que actúan hoy en la Tierra.
4. Principio de la **sucesión faunística o de la correlación**: consiste en admitir que en cada intervalo de tiempo de la historia geológica (representado por un conjunto de estratos o formaciones) los organismos que vivieron y que pudieron fosilizarse fueron diferentes y no repetibles. Éstos fósiles permiten establecer correlaciones entre materiales de una misma edad, pero de contextos geográficos muy distantes.
5. Principio de **intersección y truncamiento**: Cuando una falla desplaza una secuencia de rocas o existe una estructura intrusiva, podemos suponer que la falla o la intrusión es más joven que la capa de rocas afectadas.

