

BLOQUE TEMÁTICO DOS

ESTRUCTURA INTERNA Y DINÁMICA TERRESTRE



Autor: Manuel Vargas Montaña

Asesor Pedagógico: Amalia España Zamudio

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados

BLOQUE TEMÁTICO DOS

ESTRUCTURA INTERNA Y DINÁMICA TERRESTRE

PROPÓSITO

1. Estructura y fuerzas internas

1.1 Estructura interna de la Tierra y clasificación de las rocas según su origen

Actividad de Aprendizaje 7

Actividad de Aprendizaje 8

Actividad de Aprendizaje 9

1.2 Tectónica de placas, los procesos orogénicos y la sismicidad

Actividad de Aprendizaje 10

1.3 Vulcanismo y la distribución de los recursos minerales en México

Actividad de Aprendizaje 11

Resumen

2. Fuerzas externas

2.1 Intemperismo

2.2 Suelo

Actividad de Aprendizaje 12

2.3 Erosión

Actividad de Aprendizaje 13

Resumen

3. Formas del relieve

3.1 Relieve continental

3.2 Relieve oceánico o submarino

3.3 Regiones geomorfológicas y Plataforma continental de la República Mexicana

Actividad de Aprendizaje 14

Resumen

RECAPITULACIÓN

ACTIVIDADES DE CONSOLIDACIÓN

AUTOEVALUACIÓN

PROPÓSITO

Al concluir el estudio de este Bloque **¿qué vas a lograr?** Relacionar los vínculos entre los procesos dinámicos de la Tierra y la formación de los recursos minerales y edáficos, mediante expresiones gráficas, reflexionar sobre las prácticas de explotación más comunes en nuestro país. Determinar las zonas vulnerables y de riesgo cuya causalidad son los procesos de vulcanismo, sismicidad que te permitan ejecutar acciones de prevención y uso racional de los recursos.

Te preguntarán entonces:

Qué vas a aprender: la importancia de los recursos minerales edáficos y las formas de relieve en la conservación del medio.

Cómo lo vas a lograr: a partir del análisis de la estructura interna y su relación con los tipos de rocas que la componen, interpretar y reconocer diferentes modelos sobre la dinámica de la corteza terrestre, el vulcanismo y la distribución de los recursos minerales, el intemperismo y erosión. Así como utilizar las herramientas metodológicas de la Geografía.

Para qué te va a servir aprender la dinámica de la Tierra: para valorar y comprender el impacto de la explotación de los suelos y promover una cultura de prevención de desastres y la conservación del medio ambiente.

BLOQUE TEMÁTICO DOS

ESTRUCTURA INTERNA Y DINÁMICA TERRESTRE

Al finalizar el estudio de este segundo Bloque, serás capaz de valorar la importancia de los recursos minerales, edáficos y las formas del relieve como productos de las fuerzas internas y externas de la Tierra, analizando la estructura interna, los tipos de rocas que la componen y la dinámica de la corteza terrestre; el vulcanismo y la distribución de los recursos minerales; el intemperismo como generador de suelos y la erosión como modelador de las formas del relieve junto con la tectónica, para promover la cultura de la prevención de desastres y de la conservación del medio ambiente.



Para lograr lo anterior, partiremos de la siguiente **problemática**:

Figura 71. Vista del volcán Popocatépetl.

La dinámica y composición de la estructura terrestre ¿influyen en el desarrollo de la población, de acuerdo con las formas del relieve y su relación con los recursos minerales y edáficos?

Has sentido la intensidad de un temblor de más de 6 grados, como sucedió en la Ciudad de México en 1985, ¿cuál es su origen?, ¿tienes conocimiento de la magnitud y desastres que ocasionó a la población, infraestructura y vías de comunicación?, ¿sabes de los estragos que causan los movimientos telúricos en otras partes del mundo?, ¿qué relación tendrá la estructura de la Tierra con los tipos de rocas, minerales, suelo, vulcanismo y formas del relieve?

En tu localidad se presenta algún tipo de riesgo geológico: sísmico, volcánico, de deslaves o inundaciones ¿conoces sus posibles causas?, ¿cuál es la importancia del suelo?, ¿cuál es su origen?, ¿de qué depende su conservación?

En el lugar donde vives, crecen todo tipo de plantas, ¿cómo promover una cultura del cuidado y preservación del medio?, ¿dónde se ubican las zonas vulnerables y de riesgo en la superficie terrestre?, ¿cómo influyen en nuestra vida diaria?, ¿cuál es la importancia de la promoción de una cultura de prevención de desastres naturales y cuidado del medio?; son interrogantes que pueden ayudarte a seleccionar lugares para ir de vacaciones, pero ¿dónde vacacionar?, en la playa o una montaña, ¿qué forma del relieve prefieres para vacacionar?, montañas, llanuras, mesetas, cuencas hidrográficas.

Has observado tu entorno, ¿qué tipo de formas del relieve presenta?

1. ESTRUCTURA Y FUERZAS INTERNAS

En algunas regiones de nuestro país y del mundo nos resulta familiar el experimentar la emoción o el temor de un temblor de tierra, para otros los riesgos de una erupción volcánica, inundación o deslave, todo esto tiene su relación con la **estructura interna de la Tierra** y su estado físico, formada por: *Núcleo, Manto y Corteza Terrestre*, por ejemplo el *Manto superior* que es semilíquido presenta corrientes convectivas que rompen, fracturan, separa y hacen chocar a la Corteza terrestre, esta dinámica de la Tierra da origen a los distintos tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas; a los límites de placas como son las zonas de convergencia, divergencia y deslizamiento estudiado por la Tectónica de placas, la cual modela la superficie terrestre; al vulcanismo efusivo, extrusivo y explosivo, la sismicidad y la distribución de los recursos minerales. Todo ello nos lleva a valorar la importancia de conocer su dinámica en la prevención de desastres naturales.



Figuras 72, 73 y 74. Muestran diversos aspectos de la dinámica de la Tierra: de izquierda a derecha; sismo del 85, en México; Grieta en SLP, México; y deslave en Villahermosa.

1.1. Estructura interna de la Tierra y clasificación de las rocas según su origen

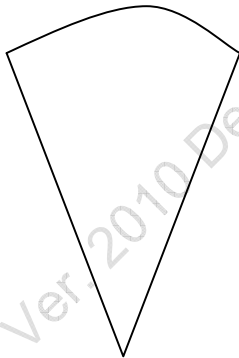
Para entrar al maravilloso mundo de la estructura interna de la Tierra y conocer su relación con los procesos de formación de rocas, los límites de placas, la sismicidad, el vulcanismo y la formación de los recursos minerales, debes reflexionar sobre los siguientes cuestionamientos: ¿Qué ciencias nos permiten adentrarnos a estos conocimientos?, ¿Cómo conocemos su interior?, ¿cómo está dividida la estructura interna?, ¿cuál es su estado físico?, ¿cómo se clasifican las rocas?, ¿conoces el nombre de algunas rocas y su origen?, ¿qué utilidad tienen las rocas en tu vida cotidiana?, ¿conoces algún volcán cercano a tu localidad, cuál es su nombre?, ¿cuáles son los volcanes más destacados de la República Mexicana y por qué?, ¿cuáles son volcanes activos?, ¿qué es un recurso mineral?, ¿qué nombre de minerales conoces y cuál es su utilidad para el hombre?

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 7

Para que puedas entender la importancia que tiene la estructura interna:

- I. Investiga al respecto en diferentes fuentes de consulta (libros, Internet, revistas, videos, documentales), guíate con los cuestionamientos anteriores.

- II. Ahora te presentamos una imagen incompleta de la Estructura Interna de la Tierra, con la intención de que diseñes una propia, en base a tus conocimientos e investigación. Anota en las líneas de la derecha las características o propiedades.



- III. ¿Qué son las ondas sísmicas?

AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

En la actividad anterior debiste haber realizado la investigación sobre la estructura interna, que se divide en Corteza terrestre, Manto y Núcleo, cada una a su vez se subdivide en Corteza continental y Corteza oceánica, Manto superior y Manto inferior, Núcleo externo y Núcleo interno. Ahora que revises sobre el tema corrobora tus respuestas y en caso de haberla realizado incorrectamente, tendrás fundamentos para hacer la corrección.

Compara tu diseño de la estructura interna de la Tierra con el que vas a revisar en el siguiente apartado.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres - MEXICO

La ciencia que nos va a permitir desarrollar estos conocimientos es la Geología, que se define de la manera más simple a partir de sus raíces, del griego “geo” Tierra y “logos” tratado o conocimiento, es decir, la ciencia del tratado o conocimiento de la Tierra; esta ciencia estudia los materiales que forman la Tierra, así como la transformación y evolución de la misma. Se auxilia de otras ciencias como: Geofísica, Geoquímica, Sismología, Petrología, Petrografía, Mineralogía, Geología estructural, Tectónica, Sedimentología, Paleontología, Geomorfología, Geología económica, Yacimientos minerales y Geología ambiental, entre otras más.

Estructura interna de la Tierra

Es importante retomar información del bloque anterior en lo que respecta al origen del Sistema Solar y el de nuestro planeta, para poder entender su estructura interna, en la teoría nebular o teoría acrecional propuesta por Alastair G. W. Cameron, la Tierra se formó de una nebulosa solar relativamente fría o caliente, o bien, calentándose gradualmente como consecuencia del proceso de acreción de las partículas que conformaban la nebulosa, ya que en sus inicios tuvo que ser una masa fluida o semifluida para que la fuerza de gravedad actuara ocasionando que las sustancias más pesadas se acumularan en el centro en tanto que las más ligeras emergieran a la superficie.

¿Quieres conocer más?

Sobre el proceso de formación de la Tierra:
Vamos a utilizar dos botellas vacías de refresco de 2 litros, inicialmente una la vas a llenar de agua a la mitad y la agitas cada vez que le incorpores los sedimentos, en ambas vamos a incorporar los mismos materiales de forma aleatoria, es decir, partículas medianas, finas, grandes, finas, etcétera, consigue: grava fina para construcción (15-20 mm), grava fina de colores para pecera; arena, tezontle rojo o negro triturado y piedra pómez molida en diversos tamaños: grueso, mediano y fino, y arcilla.. Procura cubrir unos 2/3 de la botella, agita ambas. ¿Qué sucede en cada una?, en la botella de partículas sólidas resulta más difícil que se acomoden por densidad y tamaño, mientras que en la botella con agua, al ir agitando las partículas se van asentando por densidad y tamaño, siempre las más pesadas al fondo y las más ligeras en la parte superior. Bueno pues es el mismo proceso que tuvo que ocurrir en la formación de nuestro planeta, se ha discutido si la Tierra se formó estando fluida o sólida, pero independientemente de ello, en un inicio, paso por una etapa líquida o semilíquida para que lograra esa diferenciación de densidades.

¿Te has preguntado cómo conocemos su interior?, ¿cómo te imaginas que determinamos su estructura interna, composición y estado físico? La mina Western Deep Levels en Sudáfrica es la más profunda del mundo, con aproximadamente 3.8 kilómetros de profundidad, y la perforación más profunda del mundo en la península de Kola, en Rusia (1992) con aproximadamente 12 kilómetros, es literalmente nada comparado con los 6371 kilómetros de radio de nuestro planeta. Otra posibilidad es la actividad volcánica que también nos da indicios del interior de la Tierra, roca fundida, ¿pero todo será igual en su interior?

Aquí hacen su debut los temblores, la sismología nos da la respuesta, los sismógrafos son instrumentos que pueden detectar cómo se propagan las vibraciones producidas por los sismos o temblores en el interior de la Tierra, la energía elástica generada por los sismos, no deja lugar a dudas en cuanto a que el interior de la Tierra está dividido en capas cada vez más densas. Esta diferenciación en función de la densidad sólo pudo originarse cuando el planeta estaba en estado fluido.

El **método sismológico** se basa principalmente en el estudio de la variación de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas, que depende en gran parte de la densidad de las rocas que atraviesan. Las *ondas sísmicas Primarias (P)* son ondas longitudinales o compresionales, lo cual significa que el suelo es alternadamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación; las *ondas sísmicas Secundarias (S)*, son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias. Al viajar a través del interior de la Tierra incrementan su velocidad a medida que atraviesan materiales de mayor densidad. Una región suele definirse como fluida si en ella las ondas **S** no son detectables.

Se han detectado dos discontinuidades, en donde se producen cambios bruscos en la velocidad de propagación, que se interpretan como superficies de separación entre zonas de diferente composición química o en distinto estado físico.

Analicemos con detalle ¿cómo ocurre un sismo y dónde?, existen puntos en la superficie de la Tierra sujetos a un esfuerzo continuo, como las zonas de convergencia o zonas de subducción, cuando se rompe el equilibrio la energía elástica es liberada repentinamente. Esta energía se dispersa en todas direcciones atravesando todas las rocas del planeta, tanto a lo largo de la superficie como en su interior, si en su trayecto incide en una superficie reflejante, parte de la energía regresa reflejada a la superficie. Cuando las ondas sísmicas llegan a algunas estaciones sismológicas, se registra con precisión el tiempo en que arriban y el tipo de onda. Así los sismólogos pueden determinar su trayectoria y lugar de origen. De esta manera es posible comenzar a construir un modelo del interior de la Tierra, algo así como un ultrasonido de la Tierra.

El conocimiento de su estructura interna es esencial para comprender procesos geológicos como los terremotos, el vulcanismo y la formación de montañas.

¿Cómo está dividida la estructura interna?

Corteza Terrestre

Ésta se divide en dos capas: la **corteza continental** de composición granítica y una densidad de 2.8 g/cm^3 , que es donde se desarrollan todas las actividades del hombre, formada en parte por sedimentos procedentes de la erosión que sufre la superficie continental y transportados por los ríos hasta depositarlos en la plataforma continental donde se acumulan formando capas de varios kilómetros de espesor que darán origen a rocas sedimentarias, o bien, rocas ígneas y metamórficas, producto de algunos procesos geológicos. La **corteza oceánica**, formada por basaltos (composición basáltica), con una densidad de 3.0 g/cm^3 , el límite, entre estas dos se llama discontinuidad de Conrad, se conoce sólo a partir de datos sísmicos.

En promedio la corteza tiene un espesor de 35 Km, siendo mayor bajo las cadenas montañosas – de 70 a 80 km y menor bajo los océanos – 7 km. Su límite inferior es la discontinuidad de Mohorovicic, en nombre del sismólogo balcánico A. Mohorovicic quien descubrió la existencia de esta discontinuidad como resultado de un sismo en 1909.

Manto

Representa más del 82% del volumen de la Tierra, a 100 Km de profundidad se calcula una temperatura de entre $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ y $1400 \text{ }^\circ\text{C}$, formada por rocas silicatadas; se divide en dos: **el manto superior o Astenosfera** formado por roca ultramáfica Peridotita, rocas que contienen hierro y silicatos ricos en magnesio, fundamentalmente olivino y piroxeno, junto con cantidades menores de granate, con una densidad de 3.3 g/cm^3 que se ubica hasta los 660 Km de profundidad, con un espesor promedio de 600 km. Su estado físico es plástico, por lo que se comporta como un líquido generando corrientes convectivas de ascenso y descenso. Por otro lado se encuentra el **manto inferior o Mesosfera**, se ubica entre los 660 y 2900 Km de profundidad. Su estado físico se comporta como un sólido, dado que las ondas **S** viajan fácilmente a través él.

Tabla 3. Composición de la corteza continental

	1		2
	(por ciento)		(p.p.m.)
SiO₂	61.9	Bario (Ba)	425
Al₂O₃	15.6	Estroncio (Sr)	375
CaO	5.7	Circonio (Zr)	165
FeO	3.9	Cobre (Cu)	55
MgO	3.1	Escandio (Sc)	22
Na₂O	3.1	Plomo (Pb)	12.5
K₂O	2.9	Uranio (U)	2.7
Fe₂O₃	2.6	Mercurio (Hg)	0.08
TiO₂	0.8	Plata (Ag)	0.07
P₂O₅	0.3	Oro (Au)	0.004
MnO	0.1		
1	<i>Contenido medio de los constituyentes más importantes.</i>		
2	<i>Contenido medio de algunos de los elementos traza.</i>		

El Núcleo

Fue detectado por estudios sísmicos realizados por R. D. Oldham en 1906; en 1914 B. Gutenberg determinó que la profundidad de la frontera entre el manto y el núcleo es de cerca de 2900 Km, a esta zona de separación se le conoce como discontinuidad de Gutenberg¹.

El núcleo externo se extiende de los 5170 a los 2900 Km de profundidad, tiene que ser líquido por que no se propagan las ondas sísmicas transversales u ondas S, compuesto de hierro y níquel, con algo de azufre (o de sílice). Tiene una densidad de 9.9 g/cm^3 .

La parte más profunda, el **núcleo interno** se extiende desde una profundidad de 5170 Km hasta el centro de la tierra a 6386 km. Es sólido y probablemente tiene una densidad alrededor de 13 gr/cm^3 , aquí hay un rápido aumento de la velocidad de las ondas P, u ondas sísmicas longitudinales o compresivas, compuesto de níquel y hierro, aquí las temperaturas pueden superar los $6700 \text{ }^\circ\text{C}$. La diferencia de estado físico entre ambos núcleos permite que actúen como dinamo y genere el campo magnético de la Tierra, además de que requiere que esté hecho de un material conductor de la electricidad, como el hierro. Observa la figura siguiente.

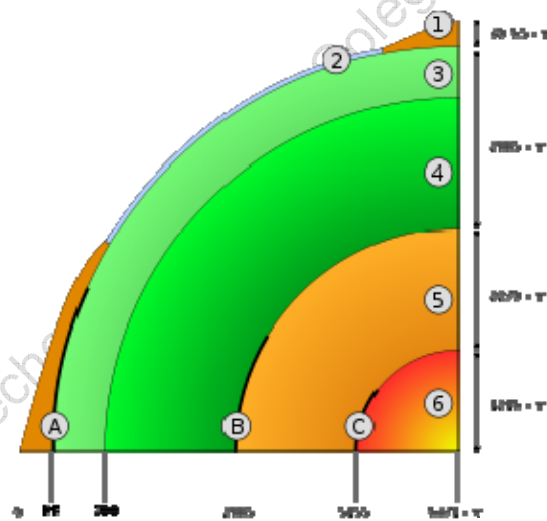


Figura 75. Vista esquemática del interior de la Tierra.
1: Corteza continental - 2: Corteza oceánica - 3: Manto superior - 4: Manto inferior - 5: Núcleo externo - 6: Núcleo interno - A: Discontinuidad de Mohorovičić - B: Discontinuidad de Gutenberg - C: Discontinuidad de Lehmann.

¹ Redescubrimiento de la Tierra.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 8

Con base en lo revisado hasta el momento:

I. Completa los datos que se te solicitan, para que puedas caracterizar la estructura interna de la Tierra.

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA						
	ESPESOR PROMEDIO	DENSIDAD	ESTADO FÍSICO	TEMPERATURA	COMPOSICIÓN QUÍMICA	PROFUNDIDAD (KM)
Corteza continental.						35 - 80
Corteza oceánica.						7
Manto superior (Astenosfera)						660
Manto inferior (Mesosfera)						2900
Núcleo externo						5170
Núcleo interno						6386 ±

II. Investiga sobre las rocas:

1. ¿Qué son las rocas?

2. ¿Cómo se clasifican las rocas?

3. ¿Cuáles son sus características?

AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Puedes contestar la actividad anterior con la información del apartado sobre la estructura interna de la Tierra, las pistas tipográficas te guiarán, para completar la mayoría de los datos solicitados en el cuadro, algunos datos los tienes que deducir a partir de la información.

35 Km, 80 Km, 7 Km, 600 Km, 2240 Km, 2270 Km, y 1210 Km, aproximadamente.

2.8 gr/cm³, 3.0 gr/cm³, 3.3 gr/cm³, 9.9 gr/cm³, y 13.0 gr/cm³.

Sólido, sólido, plástico, sólido, líquido y sólido.

Granítica, basáltica, rocas ultrabásicas, níquel y hierro.

En cuanto al tema de rocas, es de conocimiento previo para adentrarnos al tema, compara tus respuestas con la información que vas a estudiar enseguida.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres - MÉXICO

En resumen, la estructura interna de la Tierra la conocemos gracias al estudio de las ondas sísmicas producidas por los temblores, sismos o terremotos, las cuales registramos en aparatos llamados sismógrafos, que funcionan como un ultrasonido de nuestro planeta para poder determinar que consta de núcleo interno y externo, manto inferior y superior y corteza terrestre oceánica y continental.

Ahora analizaremos la capa más superficial: la corteza terrestre, la cual esta constituida por sedimentos, rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Es fascinante el mundo de las rocas, porque gracias a éstas podemos integrar la historia de la Tierra, su evolución a través del tiempo.

Clasificación de las rocas según su origen

Para entrar a este fascinante tema y las rocas te platicuen su historia es importante que analices las siguientes preguntas: ¿qué es una roca?, ¿ejemplos de rocas?, ¿cuál es su utilidad?, ¿cómo se distribuyen en la República Mexicana?

¿Sabes cómo se clasifican las rocas?

Antes de entrar de lleno a la clasificación de las rocas, es importante definir qué es una roca. Es un agregado de minerales. Y ¿qué es un mineral?, es un compuesto químico que reúne las siguientes características: es una sustancia homogénea, tiene una composición química definida (se expresa mediante una fórmula química), posee una estructura atómica definida (habito cristalino), es sólido (excepto el agua) y está formado por procesos naturales e inorgánicos.

Un ejemplo de mineral es el cuarzo, que seguramente conoces, el cual reúne todas las características anteriores, claro que existen otros muchos minerales.

Las *rocas* son estudiadas por un par de ciencias, entre ellas tenemos a la Petrología y la Petrografía quienes nos permiten clasificarlas según su origen, en **rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.**

¿Quieres conocer más?

Investiga si en tu localidad existe algún Museo de Geología o Museo de Historia Natural, seguramente contará con una colección de minerales y rocas, visítalo, seguramente te ayudará a comprender por qué es tan fascinante el mundo de las rocas.

En la Ciudad de México contamos con los Museos de Geología de la UNAM y del IPN, así como el Museo de Historia Natural

Rocas ígneas

¿Qué es una roca ígnea? El primer grupo de rocas en formarse fueron las rocas ígneas, recordando que para poder tener esa diferenciación por densidad del interior de la Tierra, forzosamente en algún punto de su origen ésta fue una masa de roca fundida, que finalmente al enfriarse formó la primera corteza primitiva de rocas ígneas. Ígneo proviene del griego “*ignis*” = fuego, es decir, son aquellas rocas que resultan de la solidificación del magma mediante su enfriamiento. La roca fundida que se encuentra en el manto superior o que se forma por un proceso de fusión parcial, producto de una zona de subducción o como parte de un proceso orogénico, al ascender -el magma- a la superficie porque es más ligero que las rocas que lo rodean, si antes de alcanzar la superficie, en la profundidad se enfría y cristaliza, va dar origen al grupo de rocas ígneas intrusivas o plutónicas. Dentro de este grupo sólo vamos a mencionar los nombres de las estructuras que llegan a formar, como son: Diques, Sills o láminas intrusivas, Lacolitos, Facolitos, Lopolitos, Batolitos y Troncos (Stocks).

Si el magma sale a la superficie, recibe el nombre de lava, produciendo una erupción volcánica o un derrame, dando origen al grupo de rocas ígneas extrusivas o volcánicas y a las rocas piroclásticas que son fragmentos que arroja un volcán que dependiendo de su tamaño reciben el nombre de cenizas, lapilli y bombas; también tenemos a las rocas vítreas como son la obsidiana y la piedra pómez.

Ahora te presentamos la clasificación de las **rocas ígneas intrusivas y extrusivas**:

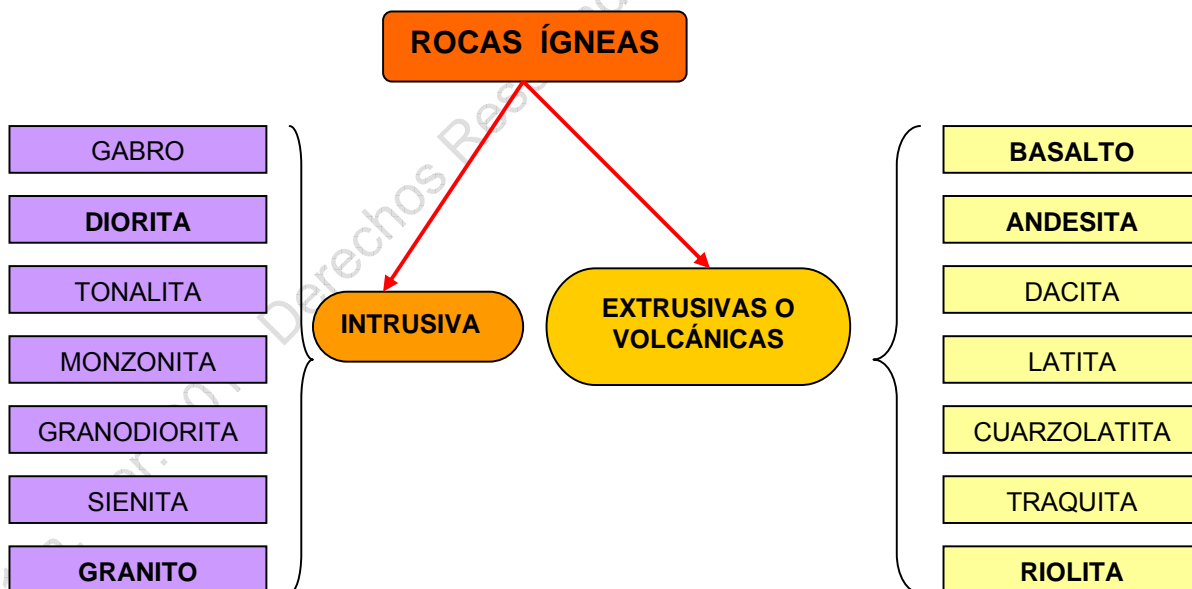


Figura 76. Clasificación de rocas ígneas intrusivas y extrusivas.

Resulta importante mencionar que la composición química de las rocas ígneas intrusivas es la misma que el de las extrusivas, su única diferencia es el tamaño de los cristales, mientras que una roca ígnea intrusiva tiene literalmente todo el tiempo del mundo para enfriarse lentamente y formar grandes cristales que se observan a simple vista o con una lente de mano, en una roca ígnea extrusiva o volcánica al salir a la superficie su enfriamiento es rápido formando microcristales que no son observables a simple vista sino a través de una sección delgada y al microscopio petrográfico. Citaremos como ejemplos el Gabro y el Basalto que están formados por plagioclasas cálcicas, su única diferencia es el tamaño de los cristales lo cual nos indica que una se enfrió en el interior de la tierra – intrusiva- y la otra salió a la superficie –extrusiva o volcánica.

En la República Mexicana tenemos una gran distribución de rocas ígneas extrusivas o volcánicas, para empezar la Sierra Madre Occidental, el eje Neovolcánico desde Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Guanajuato, Querétaro, Morelos, Distrito Federal, Estado de México, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

Los más importantes edificios volcánicos son: Pico de Orizaba (5747 m), el Popocatepetl (5452 m), el Iztaccíhuatl (5146 m), Cofre de Perote o Naucampatépetl (4282 m), Sierra Negra, La Malinche o Matlacuéyatl (4461 m), el Nevado de Toluca o Xinantécatl (4558 m), el Nevado de Colima (4625 m) y el Volcán de Colima (3326m) y en el extremo oriental tenemos al Chichonal.(1315 m), entre otros muchos más. En la Ciudad de México todas las Sierras que la rodean son de origen volcánico.

A nivel mundial podemos citar la actividad volcánica de Islandia o Hawái.



Figura 77. El Parícutín en erupción.

¿Quieres conocer más?

Sobre el proceso de formación de las rocas ígneas.

Imagínate que ponemos en un recipiente a derretir al fuego, cera, parafina (de una vela), plastilina o chapopote; de encontrarse en un estado sólido o plástico, con el calor se va a fundir, se va a derretir, y siempre en la parte superior la que está en contacto con el aire se enfría más rápido y forma una capa superficial o nata, como la nata de la leche o de los atoles y avena, en ocasiones dará borbotones, porque la cera de la parte inferior del recipiente se calienta más se torna menos densa y asciende o sube a la superficie más fría. Es un proceso similar al origen de las rocas ígneas y al estado físico del manto superior.

Utilidad

Son ampliamente usados como materiales de construcción y ornato (como el granito), la gran mayoría de los depósitos minerales están asociados a zonas volcánicas, también tienen su importancia en la datación de edades radiométricas para determinar la edad de la Tierra y de los eventos geológicos.

Rocas Sedimentarias

Son aquellas rocas que resultan del depósito de materiales o sedimentos que mediante un proceso diagenético - cementación o compactación - se consolidan para dar origen a este grupo de rocas.

El primer grupo de rocas sedimentarias se llama rocas sedimentarias detríticas, clásticas o terrígenas, llamada así porque a los sedimentos también se les conoce como detritos, clastos



Figura 78. Playa de Cancún.

o fragmentos terrígenos. ¿Ya has tenido la fortuna de ir a la playa?, ¿cuando fue la última vez que fuiste a la playa? ¿nunca te has sentado a curiosear y ver con detenimiento su arena? usualmente está formada por minerales o fragmentos de rocas, en su mayoría están perfectamente bien redondeados y clasificados por tamaños. Te invito a que la próxima vez que visites una playa te detengas unos minutos a analizar la arena de la playa.

¿Quieres conocer más?

Para entender con toda claridad a este grupo de rocas te recomendamos ir de vacaciones a unas Grutas como las de Cacahuamilpa o las de García, una zona de arrecifes como en Isla Mujeres, y a la playa, porque la arena de las playas es la mejor muestra de lo que es un sedimento y es quien le da el nombre a este grupo de rocas ¿Qué playa eliges? No olvides tomar unas buenas fotos.

Por ejemplo, Cozumel, Playa del Carmen, Tecolutla, Huatulco, Puerto Marqués, Barra de Navidad, San Blas, o cualquier playa que tú conozcas, varían los tonos de color de la arena que indican compuestos diferentes y varían los tamaños de la arena, pues podemos tener arenas finas, medias y gruesas, que finalmente pasan a ser gravas finas, medias o gruesas, como la grava que utilizamos para la construcción de nuestras casas.

Quizás has caminado alguna vez por un arroyo o lecho de río, en donde encontramos fragmentos más grandes llamados cantos rodados, esas piedras casi perfectamente redondas, que se acostumbra poner como empedrado en los caminos de los jardines o de algunas calles en provincia; regresando a las partículas finas le siguen los limos y las arcillas como los polvos faciales que utilizan las damas.

En la siguiente tabla te mostramos el tamaño y clasificación de los granos clásticos.

Tabla 4. Tamaño y clasificación de los granos clásticos².

	Nombre de la partícula	Diámetro de las partículas*	
		de	a
Grava	Cantos rodados	256 mm	
	Gujarros	64 mm	256 mm
	Guijas	4 mm	64 mm
	Gránulos	2 mm	4mm
Arena	Muy gruesa	1 mm	2mm
	Gruesa	0.5 mm	1 mm
	Mediana	0.25 mm	0.5 mm
	Fina	0.125 mm	0.25 mm
	Muy fina	0.62 mm (0.05 mm)	0.125 mm
Limo		0.005 mm	0.05 mm
Arcilla		menos de 0.005 mm	
	* El tamaño de las partículas puede determinarse de varias maneras: por volumen, por diámetro, por el tamiz que atraviesen, por peso o por velocidad de asentamiento en un fluido. El diámetro de granos irregulares, no esferoidales, no es fácil de definir; en la tabla, el "diámetro" se refiere al promedio o diámetro medio de una partícula.		

² Charles, M. Gilbert. 1983. Petrografía.

En estos sedimentos, durante el proceso de transporte -erosión-, las partículas son alteradas en tamaño, forma y redondez por la abrasión y fracturamiento que resulta de la fricción y el impacto de las partículas entre sí y contra el lecho rocoso del río, hasta que son depositados en el mar = sedimentación o en áreas continentales = agradación, para que finalmente las partículas más gruesas se cemen y las más finas se compacten (proceso diagenético, es decir, su segundo origen), dando como resultado a una roca sedimentaria detrítica.

Tabla 5. Rocas sedimentarias detríticas.

Sedimento	Gravas	Arenas	Limo	Arcilla
Roca	Conglomerados	Areniscas	Limolitas	Lutitas
Proceso diagenético	Cementación		Compactación	

Rocas sedimentarias químicas-orgánicas

En este grupo de rocas las partículas son tan finas que están disueltas en el agua, el mejor ejemplo es darse un chapuzón en la playa y saborear el agua de mar. No únicamente están disueltas sales, también carbonatos y otras soluciones más.

Estas soluciones disueltas en el agua de mar, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, precipitan y se depositan en el lecho marino, dando origen a este grupo de rocas, las cuales **se clasifican en función de su composición química** en:

- A) *Rocas calcáreas o carbonatadas*. Compuestas esencialmente de carbonatos de calcio = Calcita (CaCO_3) y magnesio = dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], dando origen a las **Calizas** y **Dolomía**. La caliza es la roca sedimentaria química más abundante, representa aproximadamente el 10% del volumen total de todas las rocas sedimentarias. En la República Mexicana la península de Yucatán es una enorme llanura asentada sobre roca caliza.

La aragonita (CaCO_3), la siderita (FeCO_3) y la magnesita (MgCO_3), son otros carbonatos que pueden estar presentes en las rocas calcáreas. La aragonita es esencialmente notable como constituyente de muchos esqueletos y conchas.

Para clasificar a una roca como calcárea debe contener un mínimo de 50 por ciento de minerales de carbonato de calcio. Si las calizas se mezclan en un 50% aproximadamente con arcilla se llaman margas; con arenas, calizas arenosas; con sílice, calizas silíceas.

Otros constituyentes son los restos orgánicos, como el ópalo de las testas de diatomeas y radiolarios y espículas de esponjas; el colofano de huesos, de dientes y de algunas conchas de braquiópodos o moluscos.

Las estalactitas y las estalagmitas que encontramos en algunas grutas o cavernas, como las Grutas de Cacahuamilpa en el Estado de Morelos y las Grutas de García en Nuevo León, están formadas de caliza llamada travertino.

Calizas orgánicas, que contienen abundante material orgánico como esqueletos calcáreos de corales, crinoides, briozoarios, braquiópodos, moluscos y foraminíferos; un ejemplo son las calizas arrecifales. Este tipo de rocas nos hablan de las condiciones que reinaron en el pasado, ya que los corales o arrecifes se desarrollan en mares tropicales como sucede actualmente en las costas de Cozumel o el arrecife de la Gran Barrera Australiana de 1800 km de largo.

- B) *Rocas silíceas*. Compuestas de sílice microcristalino (SiO_2) llamadas pedernal, estos depósitos se encuentran como nódulos de forma irregular en las calizas o como horizontes de pedernal, ópalo o calcedonia, el jaspe es una variedad de pedernal rojo o castaño formado de cuarzo coloreado por óxidos férricos.

Rocas silíceas orgánicas. Los restos orgánicos opalinos de espículas de esponjas, conchas de diatomeas y radiolarios, dan como resultado a espiculitas, diatomitas y radiolaritas.

- C) *Rocas evaporíticas o salinas*. Su proceso de formación es por la evaporación del agua, aumentando la concentración de las sales para finalmente precipitar. Entre estos depósitos químicos tenemos la halita (cloruro de sodio, NaCl), componente principal de la salgema, de suma importancia en la actividad del hombre; podemos tener sales de potasio como la silvita y sales de magnesio; la anhidrita (CaSO_4) y el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ingrediente básico de la argamasa, material que se utiliza mucho en la industria de la construcción para el repellado de paredes.

- D) *Sedimentos ricos en hierro*. La presencia del hierro es evidente en rocas coloreadas de castaño, rojo, ante, verde o negro, ricos en glauconita (silicato de aluminio y potasio hidratado que contiene hierro ferroso y férrico y algo de magnesio), minerales de hierro compuestos de siderita (carbonato ferroso FeCO_3), chamosita y óxidos férricos, dando origen a rocas glauconíticas, calizas sideríticas, lodolitas de chamosita. Y sedimentos fosfáticos, en el agua marina, debajo de las capas superficiales, está virtualmente saturada con fosfato tricálcico, el cual se concentra en algunos estratos formándose las llamadas fosforitas.

Utilidad de las rocas sedimentarias

Desde un punto de vista científico, este grupo de rocas nos ha permitido reconstruir la historia geológica de la Tierra, de hecho la escala del tiempo geológico está basada en buena parte en los registros fósiles de la evolución de los organismos desde su aparición, desarrollo y extinción de algunas especies, esto ayuda a los Geólogos y Paleontólogos a interpretar el pasado geológico y comprender las condiciones ambientales del pasado ya que los fósiles son indicadores cronológicos importantes y desempeñan un papel clave en la correlación de las rocas de edades similares que proceden de lugares muy distantes.

A partir de la caliza se elabora el cemento y la cal para la industria de la construcción, también se utilizan como piedras de ornamento para las fachadas de las casas.



Rocas metamórficas

Siempre es importante analizar las raíces griegas o latinas de las palabras, las cuales nos dan indicios de su significado y en este caso Metamórfico proviene del griego “*meta*” cambio y “*morfos*” forma, es decir, son aquellas rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas que sufren un cambio de textura (que se utiliza para el tamaño, forma y distribución de las partícula), estructura y composición química en el “interior de la Tierra”.

Los factores del metamorfismo son: la presión, la temperatura y las soluciones químicamente activas, dependiendo de la magnitud con que actúen podemos tener cambios ligeros o cambios sustanciales -metamorfismo de grado bajo o metamorfismo de alto grado-.

De aquí se desprende su clasificación en tres grupos.

1. *Rocas de metamorfismo regional.* Se llama regional porque cubre extensas áreas muy características, en la mayoría de los casos, angostas y alargadas relacionadas con la formación de montañas plegadas (procesos orogénicos), esta actividad tiene lugar a lo largo de los límites de placas convergentes, cuando la corteza oceánica es subducida por el choque con la corteza continental (zona de subducción) y produce arcos insulares, como en Japón o arcos volcánicos continentales y durante las colisiones continentales, como está sucediendo actualmente en los Himalaya.

Este proceso orogénico consiste en el depósito de sedimentos en los límites de las placas que chocan, este tipo de colisión provoca la deformación intensa de los sedimentos los cuales se pliegan, fracturan y elevan por encima del nivel del mar, formando la montaña plegada, Aquí en las raíces de las montañas, las temperaturas elevadas provocadas por el enterramiento profundo son las responsables de la actividad metamórfica más productiva e intensa en el interior de un cinturón montañoso, y también lo podemos encontrar en los terrenos Precámbricos.

¿Quieres conocer más?

Sobre el proceso de formación de las rocas sedimentarias y los fósiles.

Retomaremos las botellas del origen del interior de la Tierra, en la que se utilizó agua, al agitar y esperar a que los materiales se acumulen o sedimenten es el mismo proceso que da origen de las rocas sedimentarias en donde posteriormente por cementación o compactación los sedimentos se consolidan.

Fósiles, moldes e impresiones. Consigue medio kilo de arcilla y cemento, una concha u ostra y una hoja de alguna planta. En recipientes por separado añade agua al cemento y la arcilla, remueve, mezcla y amasa, procura no adicionar mucho agua, posteriormente en una caja de cartón pon la arcilla formando una capa de unos dos centímetros de grosor, pon la concha sobre la arcilla y presiona a manera de que quede la impresión de ésta, retira la concha. Haz lo mismo con la hoja, también puedes dejar marcada la huella digital de tu mano, añade el cemento y espera a que fragüe, uno o dos días, separa o rompe con cuidado la arcilla y obtienes un molde de ostra y una impresión de la hoja y tu mano. Has elaborado un molde de un fósil.

Factores del metamorfismo que intervienen: altas presiones y temperaturas

Entre las rocas producto de este metamorfismo de menor a mayor grado de metamorfismo tenemos a la Pizarra, Filitas, Esquistos, Mármol, Anfibolitas, Gneis, Granulitas –Eclogitas y Migmatitas.

En la República Mexicana encontramos rocas de metamorfismo regional con edades que fluctúan entre los 1780 y 900 m. a.³ (Proterozoico) en los Estados de Sonora, Chihuahua, Tamaulipas, Hidalgo y Oaxaca; con edades de entre 490 y 290 m.a. (Paleozoico) en los Estados de Puebla, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Zacatecas y Durango; y con edades entre 200 y 65 m.a. (Mesozoico) en los Estados de Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Sinaloa, Chiapas y Baja California Sur.

2. *Rocas de metamorfismo dinámico o cataclástico.* Este tipo de metamorfismo ocurre como parte del proceso orogénico en la parte más superficial, en las zonas de fractura de Fallas inversas o cabalgamientos y en las zonas de deslizamiento como la falla de San Andrés en California, en este tipo de metamorfismo al someter a las rocas a una presión confinante, lo que tritura y muele entre masas de rocas móviles en los lados opuestos de una falla inversa, el resultado es un brecha de falla que está formada por fragmentos de la roca triturada, aplastada y ligeramente recrystalizada, en la medida que aumenta el metamorfismo, aumenta la trituración y recrystalización, por lo tanto, la roca se convierte en una Cataclasita, Filonita y Milonita.

Factores del metamorfismo que intervienen: presión y baja temperatura

3. *Rocas de metamorfismo de contacto.* Aquí es importante preguntarse ¿de contacto con qué?, pues en contacto con la lava, este tipo de metamorfismo suele ocurrir en las zonas donde tenemos actividad volcánica ácida principalmente, los conductos por donde asciende el magma a la superficie puede alterar a la roca adyacente (aureola de metamorfismo), ya sea por la temperatura propia del magma o por las soluciones químicamente activas que contenga; decimos que puede alterar a la roca porque no siempre ocurre. Aquí el factor del metamorfismo determinante es la temperatura junto con los fluidos acuosos activos provenientes del magma. Entre los nombres asignados a estas rocas tenemos a las metacuarcitas, cuarcitas, corneanas y mármol de contacto.

Esta clasificación que te presentamos de las rocas metamórficas está en función de su origen, sin embargo también existe una subclasificación en función de su textura, recordando que este término se utiliza para describir el tamaño, la forma y la distribución de las partículas que constituyen a la roca, y se dividen en Foliadas y No foliadas. Foliadas: el término foliación significa en forma de hoja, es decir, tiene una disposición planar de los minerales o estructura de la roca, posee foliación. No Foliadas: que no presenta foliación.

³ m. a. = millones de años.

En la siguiente tabla te presentamos otra clasificación.

Tabla 6. Clasificación de las rocas por su textura.

TEXTURA	FOLIADAS						POCO FOLIADAS		NO FOLIADAS			
ROCA	Aumento del metamorfismo →											
	Pizarra	Filitas	Esquistos	Gneis	Anfibolitas	Migmatitas	Milonitas	Metaconglomerados	Mármol	Cuarcitas	Corneanas	Brechas de Falla

Utilidad de las rocas metamórficas

Desde el punto de vista científico, al igual que las rocas ígneas nos permiten dataciones radiométricas. Y al igual que el resto de las rocas se utilizan en la construcción como material de ornato.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 9

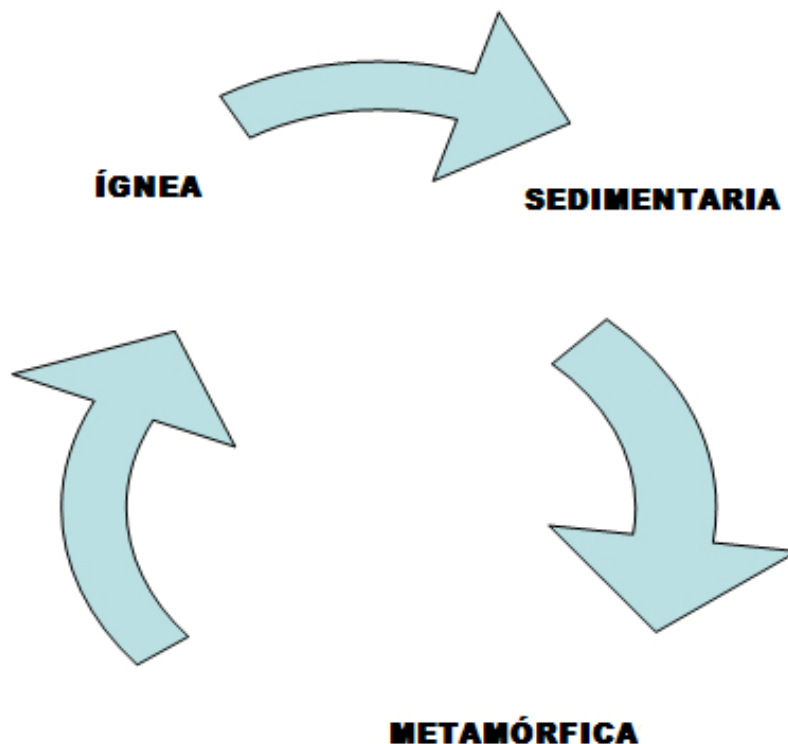
Para concluir el tema de las rocas, debiste entender que existe una transición gradual entre cada uno de estos grupos: de ígnea a sedimentaria y metamórfica, de sedimentaria a metamórfica y de metamórfica a ígnea y sedimentaria.

Realiza lo que se te pide enseguida.

- I. Representa en un mapa de la Ciudad de México el nombre de las Sierras que la rodean, y en uno de la República Mexicana, localiza y marca los volcanes mencionados en el párrafo de rocas volcánicas. Además investiga las zonas de actividad volcánica a nivel mundial y localízalas en un planisferio.

- II. Ahora reflexiona sobre ¿cuáles son esos procesos que interrelacionan los tres grupos de roca? Esto se representa en el ciclo de las rocas y nos ayuda a comprender cada grupo. Investiga y anota la información que completa el ciclo de las rocas.

CICLO DE LAS ROCAS



AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Es necesario que consultes un atlas impreso o en Internet para dar respuesta al nombre de las Sierras que rodean a la Ciudad de México, como lo es al Norte la Sierra de Guadalupe, el cerro del Chiquihuite, el cerro del Tepeyac; al centro el cerro de la Estrella; al este el cerro de San Nicolás y la Sierra volcánica de Santa Catarina; al sur la Sierra del Ajusco; y al oeste parte de la sierra de las Cruces; así como localizarlas en un mapa, al igual que los volcanes que se mencionan en la República Mexicana y las zonas de actividad volcánica a nivel mundial. Todo esto lo tienes que elaborar en un mapa de México y en un planisferio, esta información que recabes te va servir mucho para el tema de vulcanismo.

En cuanto al ciclo de las rocas, al reflexionar sobre el tema, identificarás los procesos de interrelación entre los tres grupos de rocas, en primer lugar la formación de las rocas ígneas como la primera corteza primitiva, la cual al ser expuesta a los procesos externos de intemperismo y erosión, las rocas se disgregan, transportan y depositan para posteriormente cementarse o compactarse y convertirse en una roca sedimentaria; que las rocas ígneas y sedimentarias al ser sometidas a enormes presiones y temperaturas, condiciones que se dan en la formación de montañas plegadas, pueden ser transformadas en estado sólido a rocas metamórficas, éstas también pueden intemperizar, erosionar y depositar para dar origen a una roca sedimentaria.

Las rocas metamórficas de alto grado debido a las enormes presiones y temperaturas a enormes profundidades pueden formar una secuencia alternada de rocas de alto grado de metamorfismo y rocas ígneas intrusivas, llamadas Migmatitas, o bien, llegar a fundirse para integrarla al magma y de nueva cuenta dar origen rocas ígneas.

1.2. Tectónica de placas, los procesos orogénicos y la sismicidad

Enseguida conoceremos el porqué de la sismicidad, la formación de las montañas plegadas y su relación con la tectónica de placas, pero antes nos debemos preguntar: ¿qué es un sismo?, ¿qué son los tsunamis?, ¿qué lo produce u origina?, ¿cuál es la diferencia entre sismo, temblor y terremoto?, ¿en tu localidad ocurren sismos con frecuencia? ¿de qué magnitud has experimentado la emoción de un sismo?, ¿entonces tu localidad es sísmica, penisísmica o asísmica?, ¿sabes qué es la tectónica de placas?, ¿qué son las placas?, ¿conoces los límites de placas?, ¿cómo se formaron?, ¿cuál es la causa de su movimiento?, ¿tu localidad está cercana a algún límite de placas?, ¿existen montañas plegadas en tu localidad o país?, ¿qué provocó el plegamiento de las rocas?; bueno, pues todas estas preguntas y más las podrás contestar al término de esta sección.

Tectónica de Placas

Para comprender este tema es necesario un poco de historia, a partir del siglo XVII cuando empezó el interés por conocer la distribución de los continentes y se pretendió tener una cartografía más precisa del océano Atlántico, los científicos se percataron de que sus dos líneas costeras tienen características similares, fue el filósofo y estadista inglés Francis Bacon (en 1620) que se fijó en la notable similitud que presentaban las formas de la costa occidental de África y oriental de América del Sur, aunque nunca mencionó que estuvieran unidas, pero el Conde de Buffon (en 1749) negó este empalme y sugirió que el Atlántico era producto del hundimiento de la mítica Atlántida, un evento “catastrófico”, influencia de las creencias religiosas de aquellos tiempos.

La propuesta de que los continentes podrían moverse la hizo por primera vez en 1858 el estadounidense radicado en París Antonio Snider, y a finales del siglo XIX el geólogo austriaco Eduar Suess sugiere que África, América del Sur, Australia y la India formaron un supercontinente al que llamó *Gondwana*, (en nombre de una localidad de la India), fue hasta 1915, que Alfred Wegener publicó *El origen de los continentes y océanos*, en donde establece su **teoría de la deriva continental** con base en una serie de evidencias que demuestran que los continentes se mueven, propuso que Gondwana junto con Europa, Asia y América del Norte formaban un solo supercontinente al que llamó Pangea, pero en aquellos tiempos no fue aceptada, ya que los estudios sísmicos revelaban un manto sólido rocoso, por lo que la corteza no podía moverse. ¿Y entonces cómo se explicaban la formación de montañas, cuencas y continentes?, la explicación era sencilla, como en sus inicios nuestro planeta era una masa incandescente, al enfriarse se formó la corteza y en la medida que continúe enfriándose su interior se contrae y la capa externa sólida de la Tierra se deforma mediante pliegues y fallas para ajustarse al planeta que se encoge, una analogía a las arrugas que aparecen en la piel de la fruta cuando se seca. ¡Interesante deducción!



Figura 79. Representación de Gondwana y Laurasia.

La **teoría de la deriva continental** fue sustituida en la explicación del desplazamiento continental por la **teoría de las placas tectónicas**, en la década de los sesenta, los geofísicos presentaron pruebas a favor de la deriva, Harry Hess propuso su hipótesis sobre la **expansión del fondo oceánico**. Poco después, la interpretación de *anomalías en las líneas magnéticas* en las cuencas oceánicas, llevada a cabo por Vine y Matthews (vagabundeo polar aparente o **edades paleomagnéticas**). Finalmente en 1967, se utilizó el término “**placa**” por W. Jason Morgan con base en estudios de J. Tuzo Wilson, con respecto a las relaciones entre las cordilleras oceánicas y las fallas de transformación para ir delimitando la forma de las placas y el movimiento entre ellas.

Los trabajos publicados por estos científicos fueron la base de una innovación y conmoción sin precedentes en las Ciencias de la Tierra, toda una revolución científica la nueva “**tectónica global**”, en 1968 la deriva continental y la expansión del piso oceánico dieron origen a la “**tectónica de placas**”, término utilizado hasta la actualidad, el cual nos explica el movimiento de las placas por medio del estudio de los límites de placas: zonas de subducción, zonas de divergencia o de expansión del piso oceánico y las zonas de deslizamiento o fallas transformantes, que a su vez generan los principales rasgos geológicos de la Tierra como son los continentes, cuencas, montañas plegadas, el vulcanismo y la sismicidad.

Con base en esta breve historia, resulta importante entender el principio de toda esta revolución científica que son las evidencias de la teoría de la deriva continental y en la actualidad los límites de placas como parte de la tectónica de placas, así que entraremos en el tema.

Deriva continental

Esta teoría fue propuesta por Alfred Lothar Wegener, quien nació en Berlín Alemania, científico, geólogo y meteorólogo, para apoyar su teoría reunió una serie de evidencias de que los continentes se mueven como si estuvieran flotando a la deriva, fue hasta 1915, cuando publicó *El origen de los continentes y los océanos* en donde estableció su teoría, por tanto, suele considerarse a Wegener autor de la teoría de la deriva continental, ¿cuáles son esas evidencias?

Evidencias de la teoría de la deriva continental

1. Encaje como piezas de rompecabezas de los continentes a cada lado del Océano Atlántico, en particular África y América del Sur. En 1910, propuso que Gondwana estuvo unida a Eurasia y América del Norte formando un único supercontinente que él llamó **Pangea** (pan = todo, gea = Tierra) rodeado de un océano denominado Panthalassa (pan = todo; thalassa = mar), que tenía varios mares pequeños, uno de los cuales llamado mar de Tethys. Wegener propuso que a principios del Mesozoico este supercontinente comenzó a fragmentarse.



Figura 80. Globo terráqueo. Atlas Encarta 2009.

Más tarde sostuvo que ese supercontinente habría comenzado a dividirse hace aproximadamente 200 millones de años en dos partes: una norte, que él llamó Laurasia, y una sur llamada Gondwana por el geólogo austriaco Eduard Suess.

En la actualidad, se ha comprobado que el borde de la Plataforma continental de África y América del sur tienen un encaje casi perfecto como piezas de un rompecabezas.

2. Depósitos de rocas arrecifales y evaporíticas que actualmente se localizan en altas latitudes, aquí es importante que recuerdes el origen de una roca evaporítica y dónde se desarrollan los arrecifes de coral, bueno ambas rocas se originan en la zona más cálida del planeta, entre el ecuador y los trópicos, pues Wegener encontró este tipo de rocas próximas al círculo polar ártico.
3. Depósitos glaciares (tillitas) expuestos hoy en áreas ecuatoriales (Sahara, India, Australia, etcétera) Como meteorólogo de profesión, encontró pruebas de cambios climáticos, depósitos glaciares en África, Sudamérica, India y Australia, a finales del Paleozoico (hace unos 300 millones de años). Gran parte de las zonas que contienen pruebas de esta glaciación paleozoica tardía se encuentra en la actualidad en una franja de 30 grados en torno al Ecuador en un clima tropical a subtropical.
4. Edades radiométricas, cinturones ígneos y metamórficos en márgenes opuestos son de la misma edad. Wegener encontró rocas ígneas de 2200 millones de años de antigüedad en Brasil, América del Sur y África.
5. Evidencias paleontológicas exclusivas de Gondwana, flora y fauna. Investigando en la Biblioteca de la Universidad de Malburgo, donde enseñaba en 1911, Wegener se sorprendió por el hallazgo de fósiles idénticos en estratos geológicos actualmente separados por océanos. La única posibilidad es que en algún tiempo estuvieron unidas formando una sola masa continental.

Fauna: el *Mesosaurus*, un reptil acuático depredador de peces cuyos restos fósiles se encuentran en lutitas negras del Pérmico (hace unos 260 millones de años) en el este de Sudamérica y en el sur de África.

Flora: distribución del helecho fósil *Glossopteris*, en África, Australia, India, Sudamérica y la Antártica, durante el Paleozoico tardío. Estos helechos crecían en climas subsolares, lo que indicaba que las masas continentales se encontraban mucho más cerca del Polo Sur que en la actualidad.

Estas evidencias, sólo son eso, evidencias de que los continentes se mueven, porque Wegener no identificó un mecanismo capaz de mover los continentes.

El comienzo de esta revolución científica, se dio a principios de los años sesenta, por Harry Hess, quien proponía que las dorsales oceánicas estaban localizadas sobre zonas de ascenso convectivo del manto, donde el material ascendente se expande lateralmente: expansión del piso oceánico, esto influyó en la teoría de la tectónica de placas, junto con el estudio de las inversiones magnéticas o edades paleomagnéticas, propuesta en 1963 por Fred Vine y D.H. Matthews, con base en la alineación de minerales de hierro – magnetita – presente en la lava de composición basáltica que forma el piso oceánico, al enfriarse se magnetizan y orientan según una dirección paralela a las líneas de fuerza magnéticas existentes en ese momento, a este registro de la dirección de los polos magnéticos en el momento de su formación se le conoce como paleomagnetismo o magnetismo remanente ya que el campo magnético de la Tierra cambia periódicamente de polaridad, el polo norte magnético se convierte en polo sur magnético y viceversa, inversión geomagnética.

En 1965, J. Tuzo Wilson sugirió que grandes fallas conectaban con las dorsales y que dividían a la corteza terrestre en varias “placas rígidas”. Además describió los tres tipos de límites de placas y cómo se movían unos con respecto a los otros. Con esto Wilson había dado inicio a la teoría de la tectónica de placas.

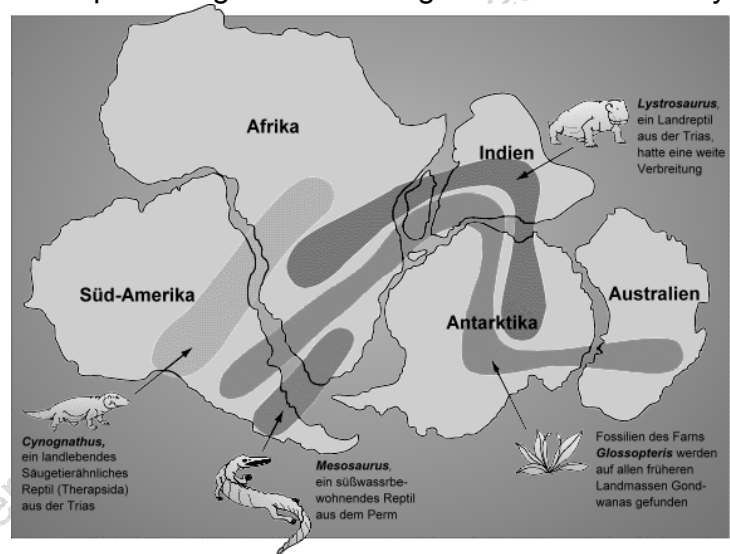


Figura 81. Evidencias fósiles de la deriva continental.

Tectónica de placas

Tectónica, es la ciencia que estudia los procesos que deforman la corteza de la Tierra, mediante fuerzas internas, explica el movimiento de la corteza, por medio de los procesos de subducción y expansión del piso oceánico, que originan los principales rasgos geológicos de la Tierra, entre ellos los continentes, las cuencas oceánicas, las montañas plegadas y el vulcanismo. Esta teoría dio explicación a lo que parecían numerosas observaciones sin relación alguna entre los campos de la Geología, la Paleontología, la Geofísica y la Oceanografía; y es de tanto alcance que se ha convertido en la base sobre la que se consideran la mayoría de los procesos geológicos.

Límites de placas

La **litosfera** está dividida en fragmentos, denominados **placas**, que se mueven unas con respecto a las otras, modificando con el tiempo su posición, tamaño y forma. Se identifican siete placas principales que son: placa Norteamericana, la Sudamericana, la del Pacífico, la Africana, la Euroasiática, la Australiana y la Antártica.

¿Cuál es la mayor placa? Las placas de tamaño mediano son la de Cocos, la Caribeña, la de Nazca, la Filipina, la Árabe, la de Escocia (Scotia) y la de Juan de Fucas. Además, se han identificado otras placas más pequeñas, que no se muestran en la figura por la escala propia del mapa.

¿A qué placas está asociado tu país?

Las placas se mueven en promedio una en relación a la otra a razón de 5 centímetros anuales, a esta velocidad ¿qué tiempo tardó en promedio en separarse Recife, Brasil en América del Sur de Libreville, Gabón en África? si la distancia que los separa en la actualidad es de 5022 kilómetros. El resultado es aproximadamente de _____ millones de años.

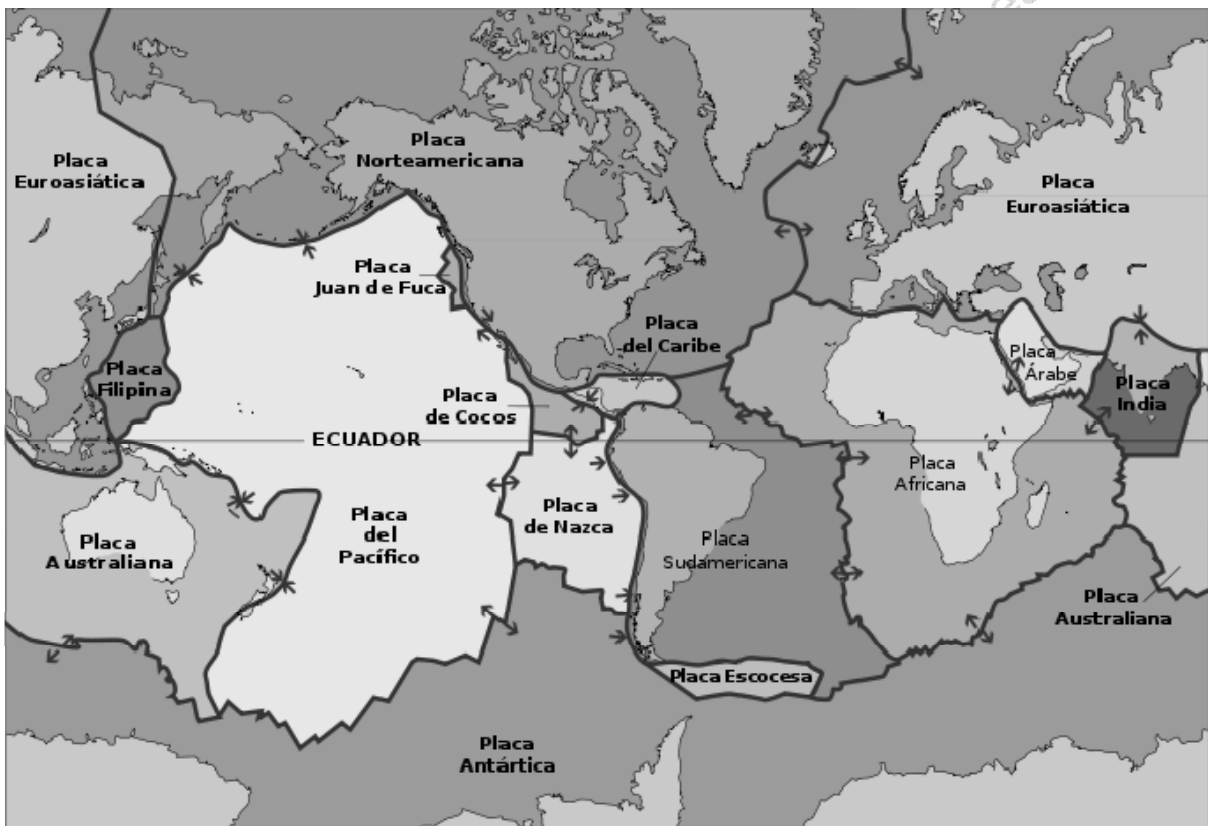


Figura 82. Placas tectónicas.

1ra. Ver. 20

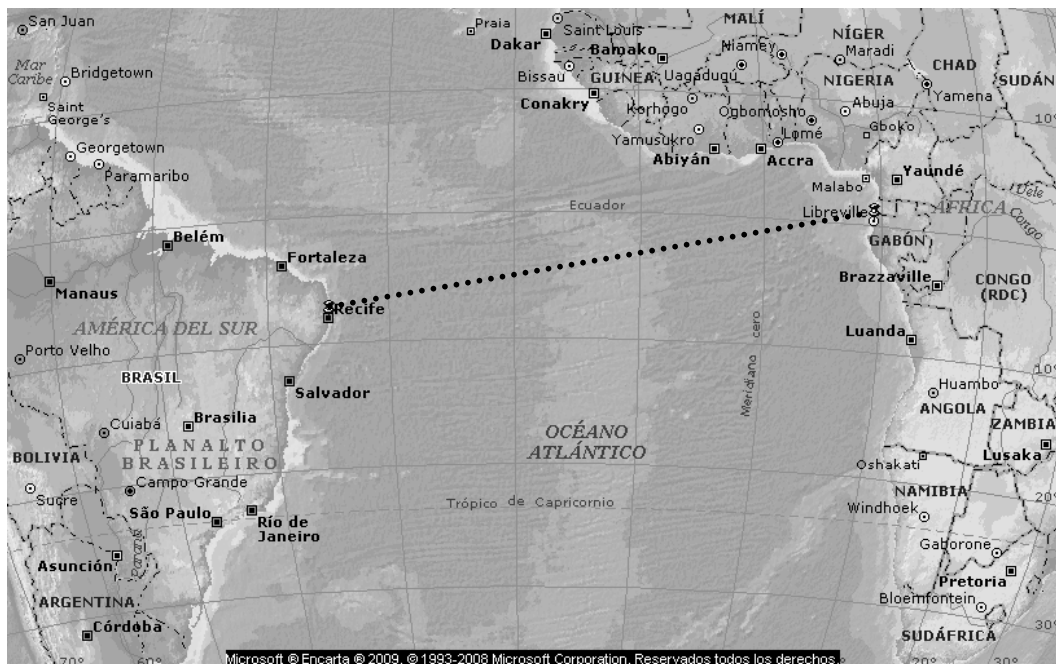


Figura 83. La línea punteada representa la distancia entre Recife, Brasil y Libreville.

Este movimiento es impulsado por las corrientes convectivas del manto superior, por la distribución desigual del calor del interior de la Tierra, el material más caliente se mueve hacia arriba mientras que parte de la litosfera fría y densa desciende al manto, poniendo en movimiento a la corteza terrestre generando terremotos, volcanes y plegando sedimentos para formar montañas plegadas.

Los límites de placas se establecieron primeramente representando las localizaciones de los terremotos, las placas tienen tres tipos de límites que son: zonas de convergencia, zonas de divergencia y zonas de deslizamiento o fallas transformantes.

Zonas de convergencia (*Límites destructivos*)

Es donde dos placas chocan provocando el hundimiento de la corteza oceánica (de mayor densidad) debajo de la corteza continental (de menor densidad), a esta zona también se le conoce como **zona de subducción** y produce una fosa submarina, por ejemplo, toda la costa del Pacífico desde el Estado de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Centroamérica y Sudamérica, como la fosa de Acapulco en México, con cerca de 6600 metros de profundidad y la Fosa Perú-Chile; el ángulo de la subducción es en promedio de 45° o puede ser de unos pocos grados o caer verticalmente (90°), esto depende de la densidad.

Para el caso de nuestro país, México al igual que algunas zonas de la Fosa Perú-Chile, debido a que existe una dorsal cerca de la zona de subducción, la corteza oceánica es joven y con alta flotación, por lo cual este ángulo de subducción es pequeño. Por consiguiente estas regiones experimentan una alta sismicidad.

A medida que la corteza oceánica es más antigua, se enfría, aumenta su grosor y su densidad y entonces su ángulo de subducción es de casi 90° , como por ejemplo las zonas de subducción asociadas a las fosas de las Tongas, de las Marianas y de las Kuriles.

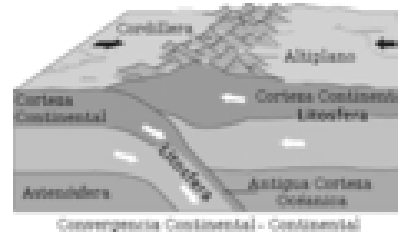
Es importante resaltar que el volcán de Colima y el Popocatepetl son el producto del magma generado por la subducción de la placa de Cocos por debajo de la placa Norteamericana. Al igual que los Andes estas montañas volcánicas se les denomina **arcos volcánicos continentales**.

Las zonas **de convergencia** pueden ser de tres tipos:

- Convergencia corteza oceánica – corteza continental, como nuestro país, México sobre toda la costa del Pacífico, Centro y Sudamérica.
- Convergencia corteza oceánica – corteza oceánica. Aquí convergen dos placas oceánicas, una desciende sobre la otra y se inicia la actividad volcánica que puede formar islas volcánicas, las cuales reciben el nombre de arcos de islas volcánicas o simplemente arcos de islas. Ejemplo, las islas Aleutianas, las Marianas, las Tonga, Japón e Indonesia. La mayoría de los arcos de islas volcánicas están en el Pacífico Occidental y su ángulo de descenso es de casi 90° , lo que explica su baja sismicidad comparado con las fosas de México y Perú –Chile. En el Atlántico sólo se tienen dos arcos de islas el arco de las Antillas menores – isla de la Martinica y de Montserrat; y el de las islas Sandwich del Sur en el Atlántico Sur.
- Convergencia corteza continental –corteza continental, un ejemplo es la formación de los Himalaya en la actualidad, por la colisión de la India contra Asia. Este mismo proceso dio origen a los Alpes, los Apalaches y los Urales.



Figura 84. Representación del límite de convergencia oceánico-continental, como ocurre en la costa del Pacífico en México.



Figuras 85 y 86. Límites de convergencia, oceánica – oceánica y continental – continental.

Zona de Divergencia

También llamada, Dorsal, Rift o zona de expansión del piso oceánico. Son zonas donde se genera nueva corteza oceánica, las placas se separan, a medida que la placa se separa del eje de la dorsal, la fractura se llena con roca fundida que asciende desde el manto. El sistema de dorsales interconectadas es la estructura topográfica más larga de la superficie de la Tierra con más de 70000 km de longitud, con alturas de 2 a 3 km más altas que las cuencas circundantes y una anchura que llega a los 100 kilómetros, además, a lo largo del eje de algunos segmentos de la dorsal existe una profunda estructura fallada denominada **valle de rift**. El ejemplo más importante es la separación de Laurasia y Gondwana para la creación del océano Atlántico, la dorsal mesoatlántica que corre de norte a sur.

Y para el caso de nuestro país la separación de Baja California es producto de una dorsal.



Figura 87. Las flechas señalan el sentido de separación de la Península de Baja California, producto de la dorsal del Golfo de California.

También se tienen zonas de divergencia continental, en donde el continente puede dividirse en dos o más segmentos más pequeños, de hecho la fragmentación de un continente muy probablemente comienza con la formación de una depresión alargada denominada **rift continental**, un ejemplo en la actualidad es el Valle del Rift de África oriental, el cual representa el estadio inicial de la ruptura de un continente y es el responsable de la actividad volcánica del Kilimanjaro y el Monte Kenia.

Zonas de deslizamiento o fallas transformantes

Aquí las placas se desplazan o se deslizan una al lado de la otra sin producir o destruir corteza (límite pasivo), la mayoría de las fallas transformantes están localizadas dentro de las cuencas oceánicas, donde una dos segmentos de una dorsal centrooceánica, unas pocas atraviesan la corteza continental. Dos ejemplos de éstas son la falla de San Andrés en California, con un alto grado de sismicidad, y la falla Alpina, en Nueva Zelanda.

Como te darás cuenta, al concluir esta sección, nuestro país está inmerso en las cercanías de los tres límites de placas; la de mayor actividad es la zona de subducción de toda la costa del Pacífico desde Jalisco hacia el sur, que afecta también a todo Centro y Sudamérica, la zona de divergencia, la dorsal del golfo de California responsable de la separación de la Península de Baja California y finalmente en territorio de los Estados Unidos la zona de deslizamiento, la Falla de San Andrés.

Esto debe ser motivo de preocupación para tener una conciencia para promover una cultura de prevención de desastres sísmicos y volcánicos en nuestro país, ya que estamos ubicados en una zona de alta sismicidad y actividad volcánica.



Figura 88. Falla de San Andrés en el Estado de California, Estados Unidos.

Formación de Montañas Plegadas. Proceso Orogénico

Como te darás cuenta hasta el momento, los conocimientos se van ligando uno con otro, primero la estructura interna de la Tierra en donde conocer el estado físico de su interior nos permite comprender la dinámica de las placas tectónicas en lo que se refiere a los límites de placas y quienes nos revelan toda esta dinámica e historia son las rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Ahora, ampliaremos el conocimiento sobre las zonas de convergencia o subducción quienes son responsables de la formación de las montañas plegadas, a lo cual se le conoce como proceso orogénico. Hablar de la montañas, nos hace traer a la mente imágenes espectaculares, bellos paisajes, como pueden ser los Alpes suizos, los Himalaya, la Sierra Madre Oriental, etcétera.

Para entender la formación de las montañas nos tenemos que preguntar ¿qué es una orogenia?, se define como la parte de la Geología que estudia la formación de las montañas, ¿y orogénesis? (*oros* = montaña; *génesis* = origen) es el proceso que forma la montaña, ¿y orogénico? Relativo a la orogenia, y ¿movimientos orogénicos? Movimientos de la corteza terrestre que dan lugar a la formación de montañas.

Como puedes observar todos estos términos se refieren a las montañas, pero existen dos tipos de montañas las volcánicas y las plegadas, ¿qué tipo de montaña se forma en un proceso orogénico?, la mayoría de los cinturones montañosos presentan evidencias de las enormes fuerzas tectónicas que han plegado y fallado a las rocas sedimentarias, aunque los **pliegues** y **fallas** son los signos más visibles en la orogénesis, el metamorfismo -regional, cataclástico y de contacto- y la actividad ígnea intrusiva y extrusiva, están siempre presentes.

La formación de las **montañas plegadas** se produce en las **zonas de subducción** o convergencia, en estos límites de placas el choque proporciona los esfuerzos compresionales horizontales necesarios para plegar, formar fallas y producir metamorfismo, en las rocas sedimentarias a lo largo de los márgenes continentales. Este acortamiento, cabalgamiento y engrosamiento eleva las rocas hasta grandes alturas formando la **montaña plegada**, aquí podemos encontrar rocas que contienen fósiles de organismos marinos a miles de metros por encima del nivel del mar actual debido a que las rocas están intensamente plegadas, también han aflorado rocas de niveles más profundos de la corteza. A estos cinturones montañosos se les conoce como de tipo andino. Un ejemplo es el cinturón circunpácifico que abarca en el extremo Este la cordillera Americana desde cabo de Hornos hasta Alaska, que incluye a los Andes y las montañas Rocosas; también parte de la Cadena Alpino – Himalaya, que se extiende desde el Mediterráneo hasta el norte de India e Indochina, atravesando Irán.

Otra variante es la zona de convergencia continental – continental, llamadas **cinturones de pliegues y cabalgamiento**, en donde un bloque continental avanza contra otro, en una primera etapa también se genera una subducción pero el empuje de la masa continental es mayor que desaparece la subducción y termina plegando las rocas sedimentarias y cabalgando sobre la masa continental. La zona de colisión se denomina sutura y suele conservar parte de la corteza oceánica que fue atrapada entre las placas continentales en colisión (complejo ofiolítico).

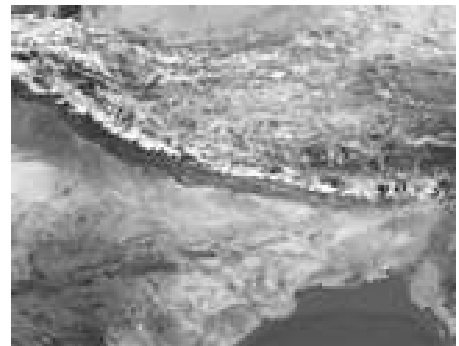


Figura 89. Zona del Himalaya.

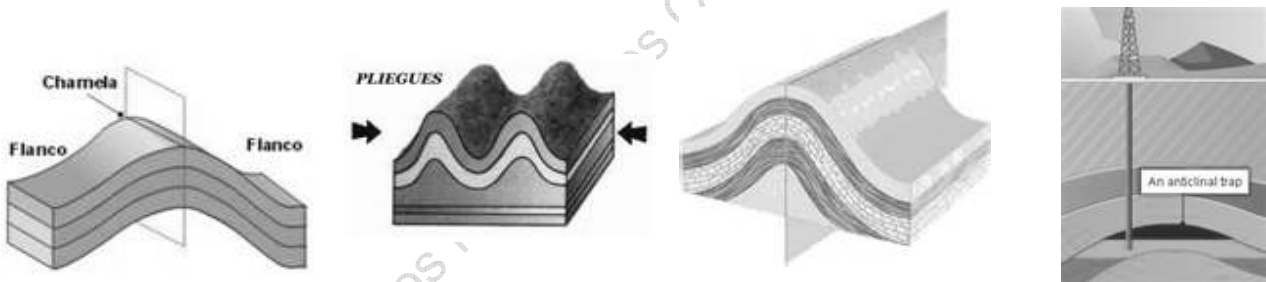
Ejemplos de cinturones de pliegue y cabalgamiento son los Apalaches, las Rocallosas canadienses, los Alpes septentrionales y el más ilustrativo, el Himalaya.

En nuestro país, la República Mexicana, el mejor ejemplo de una **orogenia** lo es la formación de la Sierra Madre Oriental, que se formó entre el Cretácico y el Terciario (Paleoceno-Eoceno), producto de la *orogenia Laramide*.

Durante la formación de las montañas plegadas, las rocas principalmente sedimentarias y algunas volcánicas se ondulan por la compresión formando pliegues. Los pliegues se producen en rocas de carácter elástico, que tienden a deformarse en vez de romperse. Los dos tipos más importantes son los pliegues hacia arriba en forma de arco llamado **anticlinal** (pliegue convexo) y el pliegue hacia abajo en forma de cuenca o surco llamados **sinclinales** (pliegue cóncavo). Los pliegues pueden ser de micras o milímetros a las grandes montañas de plegamiento que miden kilómetros.

Elementos de los pliegues. En su descripción se requiere conocer varios términos para nombrar las partes de un pliegue. Los lados de un pliegue son los **flancos** y la línea media entre los flancos a lo largo de la cima de un anticlinal o de la parte más baja de un sinclinal es el **eje de pliegue** (línea de charnela o charnela). Cuando este eje de pliegue o charnela no está horizontal y presenta una inclinación a este ángulo de inclinación se le conoce como **inmersión o buzamiento**.

El **plano axial** es una superficie imaginaria que divide un pliegue por su eje de la manera más simétrica posible.



Figuras 90, 91, 92 y 93. Elementos de un pliegue.

¿Quieres conocer más?

Sobre el proceso de formación de montañas plegadas.

Consigue unas cinco hojas de fomi tamaño carta de diferentes colores, colócalas juntas en una mesa, tómalas por sus extremo y empuja a manera de reducir la distancia de los extremos ► ◀, como si fueran empujadas una hacia la otra. Observarás cómo se pliegan.

Variaciones de los pliegues. **Simétricos** cuando los flancos son como imágenes de un espejo, **asimétricos** cuando no lo son. Un pliegue **volcado o acostado** es cuando uno de los flancos de un pliegue asimétrico está inclinado más allá de la vertical. Un pliegue en el cual el plano axial es esencialmente horizontal se llama **pliegue recumbente** (tumbado), Un **monoclinal** es una flexión de un solo flanco, sobre cualquier lado del cual las capas están horizontales o tienen echados uniformemente suaves.

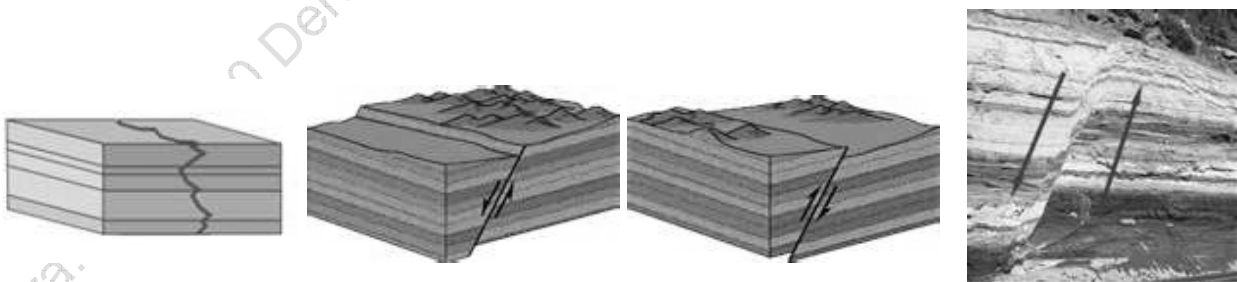
Los pliegues están relacionados con las fallas

Una **falla** es una fractura de la roca que ha tenido un desplazamiento o movimiento de uno de los bloques en relación al otro, el movimiento puede ser vertical, horizontal u oblicuo (vertical y horizontal). Una roca está fracturada si no ha sufrido movimiento apreciable alguno. Las fallas suelen producirse en rocas duras y rígidas que no han llegado al punto de elasticidad para deformarse y plegarse. Las fallas se producen cuando la roca es sometida a compresión **falla inversa** o tensión **falla normal**.

Elementos de la falla, en algunas superficies de fallas en la medida que los bloques se deslizan unos con respecto a otros, la roca se pule, estría o se forman surcos y a esta superficie se le llama **espejo de falla** o **escarpe de falla**; en una falla inclinada el bloque que queda encima de la fractura se le conoce como **techo** o bloque del alto y el bloque que se encuentra debajo **piso** o bloque del bajo.

Una **falla normal** es una falla inclinada en la que el bloque del alto o del techo sufre un movimiento aparente hacia abajo.

Una **falla inversa** es una falla inclinada en donde el bloque del alto se mueve hacia arriba con respecto al bloque del bajo. Las grandes fallas inversas con echados o buzamientos considerablemente menores de 45° son las fallas de empuje, cobijadura o **cabalgamiento**. Cuando el desplazamiento se ha efectuado a lo largo de un rumbo del plano de falla se produce una falla de desplazamiento horizontal o **falla lateral**, como la famosa Falla de San Andrés, en California, Estados Unidos.



Figuras. Muestran las fallas (de izquierda a derecha): **94.** Bloque fracturado, no hay desplazamiento. **95.** Falla normal, el bloque del alto cae, **96.** Falla inversa, el bloque del alto sube o cabalga, **97.** Falla normal.

Un sistema de fallas normales produce bloques de falla elevados llamados **horst** que generan cordilleras y bloques hundidos llamados **graben** que forman cuencas.

El conocer las estructuras tectónicas, no es sólo el disfrutar del paisaje o descifrar la historia de la Tierra, su importancia radica en que la mayor parte de los yacimientos donde encontramos petróleo y gas natural se encuentran en estructuras geológicas que atrapan estos fluidos, las fracturas con frecuencia son zonas con depósitos minerales hidrotermales – vetas de mineral metálico.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres - MÉXICO

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 10

Como ya vimos en el tema la estructura interna de la Tierra fue posible conocerla gracias al estudio de las ondas sísmicas. A continuación realiza lo siguiente para que vayas revisando tu proceso de aprendizaje. Para que tengas un referente de los sismos que han ocurrido en México te recomendamos visitar el sitio del Servicio Sismológico Nacional www.ssn.unam.mx/, revistas, documentales, periódicos o búsquedas en Internet.

- I. Investiga dónde se ubican las zonas de mayor sismicidad a nivel mundial e integra la información encontrada representándola en un mapa, luego compara con el mapa de límites de placas. Además de contestar los siguientes cuestionamientos ¿qué relación tienen o encuentras?, ¿en qué límite de placas se registran mayor número de sismos?, ¿por qué? Fundamenta tus respuestas.
- II. Ilustra en un mapa de la República Mexicana los límites de placas y las placas tectónicas a las cuales está asociada.
- III. Investiga ¿cuáles son las escalas de magnitud e intensidad sísmica utilizadas para medir un sismo?
- IV. ¿Por qué resulta altamente significativo promover una cultura de prevención de desastres sísmicos y volcánicos?
- V. Elabora un mapa conceptual de la estructura interna de la Tierra y su relación con los tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas, el vulcanismo y los yacimientos minerales, los límites de placas, la formación de las montañas plegadas y la sismicidad.

Propósito:

Que al diseñar tu mapa conceptual analices la relación de la dinámica de la estructura interna de la Tierra como la fuerza interna que da origen al ciclo de las rocas, la formación de las montañas plegadas, la sismicidad, el vulcanismo y la formación de los yacimientos minerales, para valorar la importancia de los recursos minerales y promover una cultura de prevención de desastres y conservación del medio.

Características:

Debe ser una representación gráfica de la relación entre diferentes conceptos de mayor a menor inclusividad, que establece en forma clara y precisa las relaciones verticales y horizontales.

Conceptos a relacionar: estructura interna, núcleo, manto, corteza terrestre, corteza oceánica, corteza continental, ciclo de las rocas, rocas ígneas, rocas sedimentarias, rocas metamórficas, sismicidad, vulcanismo, yacimientos minerales, tectónica de placas, límites de placas, montañas plegadas, entre otros más.

Habilidades a desarrollar:

Análisis y síntesis de la información, organización y comprensión de los conceptos.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres - MÉXICO

AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Verifica los resultados de la actividad anterior.

Como te darás cuenta las zonas de mayor sismicidad están relacionadas a los límites de placas convergentes, divergentes y de deslizamiento, ahora compara tu mapa en que concentraste las zonas de mayor sismicidad con el mapa de límites de placas.

Al realizar tu investigación y elaborar un mapa de las zonas de mayor sismicidad a nivel mundial y compararlo con los límites de placas te darás cuenta que la sismicidad está asociada a estos límites de placas, razón por la cual en México tenemos zonas de alta sismicidad como lo es toda la costa del Pacífico desde el Estado de Jalisco hasta Chiapas, producto del choque de la placa de Cocos con la placa Norteamericana.

Asimismo, encontrarás cuáles son las escalas de magnitud e intensidad sísmica utilizadas para medir un sismo: Mercalli y Richter.

Además de argumentar por qué es importante y altamente significativo promover una cultura de prevención de desastres sísmicos y volcánicos.

El mapa conceptual debe cubrir los aspectos solicitados.

1.3. Vulcanismo y la distribución de los recursos minerales en México

Has observado en tu entorno, en las imágenes de libros, revistas o en la TV que existe una gran variedad de formas de aparatos volcánicos, ¿a qué se deberá? ¿Existen volcanes cercanos a tu localidad o conoces alguno?, ¿están activos?

Vulcanismo o Volcanismo⁴, del latín *vulcanus*, dios del fuego, se refiere al conjunto de manifestaciones volcánicas. La ciencia que se encarga de estudiar a los volcanes y los fenómenos asociados a ellos es la Vulcanología o Volcanología y el especialista es el vulcanólogo.

Para entrar al tema de los volcanes es necesario recordar un poco lo que ya hemos visto, por ejemplo sobre las rocas ígneas, que son aquellas que resultan de la solidificación del magma mediante su enfriamiento (roca fundida, fusión de silicatos), si el magma se enfría en el interior de la Tierra recibe el nombre de roca ígnea intrusiva, pero si se enfría en la superficie recibe el nombre de roca ígnea extrusiva o volcánica, porque forma los volcanes. La composición química del magma determina el tipo de actividad de los volcanes. Usualmente se habla de un magma basáltico primario (basáltico en términos de composición) que proviene de los niveles profundos, situado debajo de los continentes y océanos o formado por fusión parcial de material ultrabásico en profundidades aún más grandes correspondientes al manto superior o astenosfera, a partir de este magma primario la composición puede modificarse para generar una gran variedad de rocas ya sea por diferenciación magmática o por asimilación de otras rocas preexistentes dando como resultado magmas básicos, intermedios y ácidos.

Los volcanes, como ya vimos, también están situados en los límites de las placas, la mayoría de los volcanes se encuentran en lo que conocemos como el “Cinturón de Fuego”, que se extiende alrededor del Océano Pacífico. Los volcanes son aberturas o grietas de la corteza terrestre a través de las cuales el magma es expulsado en forma de lava, dependiendo del grado de viscosidad de la lava podemos hablar del **carácter de la erupción**, que puede ser:

- **Efusivo**, que son erupciones de lava líquida basáltica (básica) que se extiende rápidamente sobre una amplia superficie formando llanuras basálticas, como en Islandia, volcanes en escudo como el Mauna Loa en Hawai junto con el Mauna Kea, Hualalai, Kohala y Kilauea, también pueden formar conos volcánicos como el volcán Parícutín en México.

⁴ Según Larousse 2007.

- **Extrusivos**, que son erupciones de lava semilíquida o semiviscosa de composición intermedia o andesítica que tienen algunos eventos explosivos, usualmente forman estratovolcanes que son intercalaciones de lava y piroclastos como el volcán Popocatepetl.
- **Explosivos**, que son erupciones de lava viscosa de composición ácida o riolítica, que sale muy lento por la misma viscosidad lo cual provoca que se enfríe y se solidifique antes de salir a la superficie formando un tapón, con ello aumenta la presión de la cámara magmática hasta que finalmente explota formando lo que se conoce como depósito de nubes ardientes o ignimbritas. Al ser explosivos arrojan principalmente fragmentos piroclásticos como bombas, lapillo y cenizas. Ejemplo de erupciones de carácter explosivo son el Monte Pelee, en la isla de La Martinica, en el Caribe, el Monte Pinatubo, en la isla de Luzón en las Filipinas y la formación de la Sierra Madre Occidental en México.

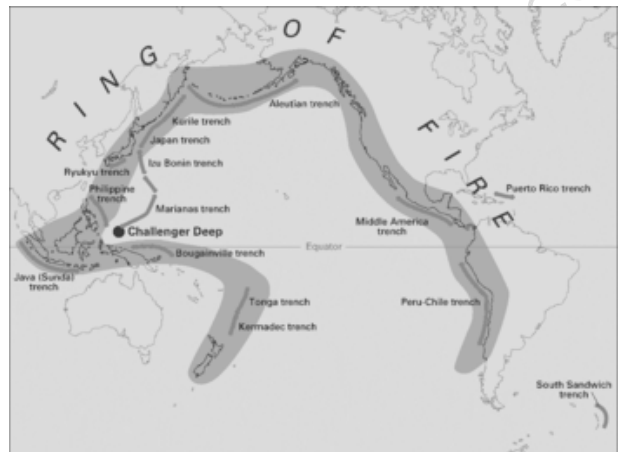


Figura 98. Cinturón de Fuego del Pacífico.

Existe una clasificación más que está en función de un lugar tipo y que se le conoce como **fases de actividad volcánica**, y esto depende del carácter de la erupción, la viscosidad de su lava y la forma del cono volcánico o derrame de lava. Las fases son las siguientes: *Tipo Hawaiano, Tipo Estromboliano, Tipo Vulcaniano y Tipo Vesubiano o Pliniano.*

Estructura de un volcán

Los volcanes son grietas o fisuras de la corteza terrestre a través de las cuales el magma sale a la superficie en forma de lava. Conforme el magma de la cámara magmática (7) rico en gas asciende hacia esta fisura, su camino se halla habitualmente en un conducto (6) o tubo, que termina en una abertura en la superficie denominada chimenea (4) que forma en la cima una depresión de paredes empinadas llamada cráter (1), por donde arroja piroclastos (3) y lava (2). Algunos volcanes tienen cráteres secundarios o parásitos (5). El aparato volcánico (8) en su conjunto fue formado paulatinamente por coladas de lava y fragmentos piroclásticos alternos, a este tipo de volcanes se les conoce como **estratovolcanes**.

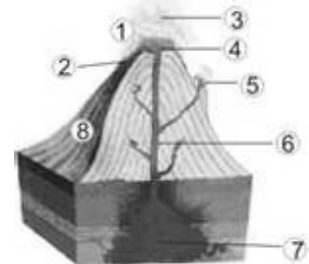


Figura 99. Muestra un estratovolcán.

El mejor ejemplo y activo en la actualidad es el Volcán Popocatepetl. La actividad volcánica es generadora de la mayoría de los recursos minerales.

¿Quieres conocer más?

Sobre la simulación de una erupción volcánica.

Necesitas:

100gr de bicromato de amonio.

Viruta de cinta de magnesio.

Unas cuantas gotas de alcohol.

Cerillos

Periódico y unas bolsas de plástico para la basura.

Nota: hacerlo sobre el piso o una lámina de hierro gruesa, usar tapabocas y retirarse un poco, porque la ceniza es tóxica. Realizar el experimento con mucha precaución.

Hacer un montículo (volcán) con el bicromato de amonio (polvo granulado de color anaranjado), con el dedo horadar el centro y depositar en el fondo dos o tres pedacitos de cinta de magnesio, cubrirlo con el bicromato de amonio, añadir unas gotas de alcohol y enciende con el cerillo, esperar a que la reacción inicie de 3 a 5 minutos.

La reacción genera una erupción de cenizas y humo, es lo más apegado a la realidad para reproducir el fenómeno de una erupción volcánica a pequeña escala.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados

Distribución de los recursos minerales en México

¿Qué es un recurso mineral?, ¿qué son los minerales?, ¿cómo se forman?, ¿con qué recursos minerales cuenta nuestro país?, ¿qué tan presentes están en tu vida diaria los minerales?

Echemos un vistazo a las siguientes figuras y analicemos los materiales, objetos que integran una casa y su relación con los recursos minerales.



Figuras 100, 101, 102, 103. Objetos que integran mi casa.

¿Por dónde empezamos? (*Las letras en cursiva indican la materia prima de origen mineral con las que están elaboradas*).

Materiales de construcción, cemento, revestimiento de interiores, ladrillo y cerámica: *caliza, yeso, arena y grava de rocas, arcilla, feldespatos, nefelina, caolín*.

Roca ornamental: *granito, calizas, travertinos, mármol, areniscas, riolitas, anortositas*.

Vidrio de ventanas, espejos y vasos: *cuarzo, sosa, litio, boro, estroncio*.

Aislantes: *cuarzo y feldespatos*.

Tejado: *arcilla, yeso, petróleo, fibra de vidrio (sílice, boratos, caliza, sosa, feldespatos)*.

Cables, plomería y desagüe: *cobre, aluminio, zinc, cromo, hierro, arcillas*.

Fertilizantes: *fosfatos*.

Joyería: *oro, plata, circón, rubíes, diamantes*.

Como te podrás dar cuenta a simple vista y sin mucho detalle todos los materiales que utilizamos en nuestra vida diaria y actividades están relacionados directa o indirectamente con los recursos minerales, yacimientos minerales.

El tema de los minerales o los recursos minerales, hablar de su origen y distribución es todo un tratado, en nuestra asignatura sólo nos interesa su distribución en México, sin embargo, es importante mencionar que los temas anteriores como los límites de placas, los procesos orogénicos y el vulcanismo son parte del origen de los yacimientos minerales.

Un depósito mineral es cualquier concentración anómala de minerales en la corteza terrestre y los yacimientos minerales son los depósitos cuya explotación puede producir una utilidad económica. Al observar la distribución de los yacimientos minerales en un mapa es fácil distinguir y agruparlos por provincias metalogenéticas.

Pero incluso en estas provincias metalogenéticas los yacimientos minerales suelen ser muy escasos, esto implica que su origen está asociado a procesos geológicos locales y raros, en cuanto a que se den las condiciones necesarias.

Como un detalle importante que debes de valorar es que la extracción y utilidad de los yacimientos minerales trae como consecuencia importantes alteraciones al ambiente. Incluso en algunos casos consecuencias desastrosas e irreparables a corto, mediano y largo plazo para el entorno natural y para la salud humana.

Tomando como criterio de clasificación sus aplicaciones, las materias primas minerales se han agrupado tradicionalmente en tres grandes categorías:

- 1) Combustibles o energéticos
- 2) No metálicos
- 3) Metálicos

Cuadro 1. Clasificación de las materias primas minerales según sus aplicaciones más comunes.

Principales ejemplos.

Energéticas

Combustibles fósiles (petróleo, gas, bitúmenes, carbón).

Nucleares (minerales de U y Th).

No metálicas

Materiales de construcción (arenas, gravas, rocas ornamentales, asbestos, áridos).

Cemento y morteros (calizas, margas, dolomías, yeso).

Industria agropecuaria (fosfatos, yeso, bentonita, sepiolita, magnesita, potasa, nitratos, calizas).

Cerámica y vidrio (arcillas, arenas de cuarzosas, nefelina, feldespatos, celestina, talco, glauberita, thernadita, boratos).

Refractarios (cromita, asbestos, aluminosilicatos, magnesita).

Abrasivos (cuarzo, granates, diamante, trípoli, wollastonita).

Lubricantes (grafito, molibdenita).

Absorbentes y filtrantes (zeolitas, arcillas, diatomita, trípoli, pumita).

Industria química básica (fluorita, halita, azufre, piritita).

Gemas (diamante, zafiro, corindón, berilo, topacio, ámbar).

Otras aplicaciones:

Lodos de sondeo (barita, micas).

Detergentes (glauberita, thernadita).

Electrónica (celestina, micas, cuarzo, turmalina).

Papel (magnesita, barita, caolín).

Fundentes en la industria metalúrgica (dolomita).

Pigmentos y pinturas (ocres, dolomía, micas).

Metálicas

Metales "ferrosos" (minerales de Fe, Co, Cr, V, W y Mn).

Metales básicos (minerales de Cu, Zn, Pb, Sn y Mo).

Metales preciosos (minerales de Au, Ag y EGP).

Metales ligeros (minerales de Li, Be, Ti, Al).

Metales especiales (minerales de Ga, In, Ge; Nb, REE).

5

⁵ Tomada de la Ciencia para todos núm. 214.



Figura 104. Mapa de las principales entidades productoras de Oro.



Figura 105. Mapa de las principales entidades productoras de Plata.

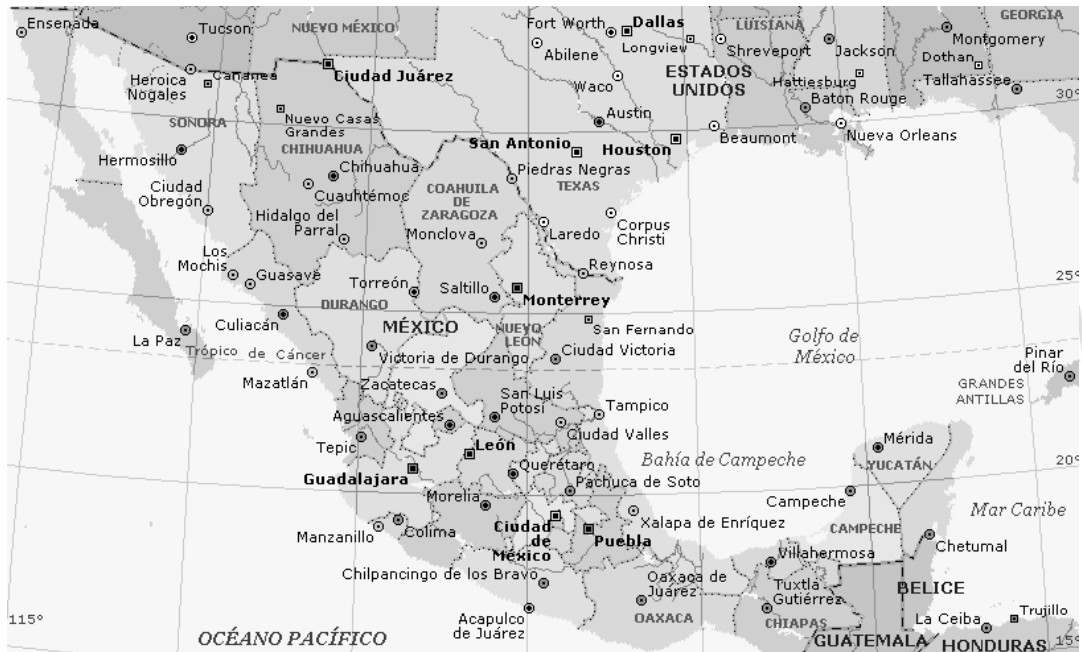


Figura 106. Mapa de las principales entidades productoras de Cobre.



Figura 107. Mapa de las principales entidades productoras de Zinc.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 11

En la República Mexicana buena parte del territorio está cubierta por rocas volcánicas.

- I. En un mapa orográfico ilumina la zona de la Sierra Madre Occidental y el eje Neovolcánico.
- II. Haz un listado de los volcanes de México y señala en el mapa con color rojo los principales aparatos volcánicos.
- III. Investiga ¿cuáles son los recursos minerales con que cuenta nuestro país? y elabora un cuadro anotando el mineral y de dónde se extraen.
- IV. Con base en tu investigación ilustra las localidades donde se extrae el oro, plata, cobre y zinc, en los cuatro mapas de las páginas anteriores, según se te indica en cada uno.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres - MÉXICO

V. Ahora te presentamos los productos minerometalúrgicos que produce México, vas a completar el cuadro siguiente con base en la información que encuentres en el Sitio, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb143&c=7770> de donde vas a obtener la extracción anual de cada mineral.

Productos minerometalúrgicos	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Oro									
Plata									
Plomo									
Cobre									
Zinc									
Antimonio									
Arsénico									
Bismuto									
Cadmio									
Fierro									
Carbón no coquiabile									
Coque									
Manganeso									
Azufre									
Grafito									
Barita									
Dolomita									
Fluorita									
Caolín									
Sílice									
Yeso									
Fosforita									
Wollastonita									
Celestita									
Feldespato									
Sal									
Diatomita									
Sulfato de sodio									
Sulfato de magnesio.									

- VI. Elegir cinco productos minerometalúrgicos y diseñar las respectivas gráficas sobre el comportamiento de producción del 2000 al 2008.
- VII. Elabora un tríptico para promover la cultura de prevención de desastres para zonas de alta sismicidad y riesgo de actividad volcánica.

Propósito:

Determinar qué tan importante resulta el conocimiento de la dinámica de la estructura interna de la Tierra en tu entorno y la percepción de promover la cultura de prevención de desastres por sismicidad y vulcanismo.

Características.

El trabajo debe ser diseñado mediante el uso de TIC, debe contener las siguientes secciones:

- introducción donde se explique el origen de los sismos y la actividad volcánica, así como el carácter de las erupciones volcánicas.
- indicar si tu localidad se encuentra en una zona sísmica, penisísmica o asísmica
- indicar si tu localidad se encuentra dentro del área de riesgo de actividad volcánica, sólo si están dentro del área de 150 Km de algún volcán activo
- indicar qué debes hacer en caso de sismo
- indicar qué debes hacer en caso de una erupción volcánica
- investigar e indicar si existen teléfonos de emergencia o paginas Web que orienten sobre la prevención de desastres o el conocimiento de estos fenómenos.
- investigar si existen normas de construcción para prevención de desastres sísmicos.
- mencionar si tu localidad está dentro de una zona sísmica, hacer referencia de los sismos de mayor magnitud de tu país y de algunos otros países.
- mencionar si tu localidad está dentro de una zona sísmica o de riesgo volcánico, se recomienda la distribución de los trípticos.

Habilidades a desarrollar.

Observación, abstracción, inducción, análisis y síntesis.

AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Alumno: _____

Grupo: _____

Lista de cotejo para evaluar la Actividad de aprendizaje 11

Propósito: verificar que el reporte de la actividad reúna las partes señaladas.

INSTRUCCIONES: Lee cada proposición, elige y marca con una X, Sí o No cumple con los requerimientos solicitados en la actividad y de no ser así, reestructura tus respuestas. GRACIAS.

1.- Consultaste un atlas para ubicar la S.M.Occ en los Estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nayarit y Zacatecas; y el Eje Neovolcánico entre los Estados de Jalisco, Michoacán, México, Puebla, Veracruz.	Sí _____	No _____
2.- En tu lista de volcanes y su ubicación, debes considerar: el Pico de Orizaba, La Malinche, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Nevado de Toluca, el Parícutín y el volcán de Colima.	Sí _____	No _____
3.- Tu listado de recursos minerales de México incluye el oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, estaño, barita, fluorita y azufre, entre otros más.	Sí _____	No _____
4.- Ilustraste las localidades de oro, plata, cobre y zinc	Sí _____	No _____
5.- Consultaste la página Web para completar el cuadro de productos minerometalúrgicos que produce México.	Sí _____	No _____
6.- Completaste el cuadro de productos minerometalúrgicos que produce México.	Sí _____	No _____
7.- Elaboraste las gráficas sobre el comportamiento de producción del 2000 al 2008 de cinco productos minerometalúrgicos.	Sí _____	No _____
8.- Tu tríptico para promover la cultura de prevención de desastres para zonas de alta sismicidad y riesgo de actividad volcánica es atractivo.	Sí _____	No _____
9. Tu tríptico indica el tipo de zona sísmica de tu localidad o si te encuentras dentro del área de actividad volcánica.	Sí _____	No _____
10.- Tu tríptico incluye teléfonos de emergencia y páginas Web.	Sí _____	No _____
11.- Tu tríptico hace referencia a los eventos sísmicos o volcánicos de mayor magnitud en el pasado de tu localidad y de otras partes del mundo.	Sí _____	No _____
12.- Se distribuyó tu tríptico.	Sí _____	No _____

RESUMEN

En este núcleo temático analizamos la estructura interna de la Tierra, la cual conocemos gracias al estudio de las ondas sísmicas, revelando que está constituida por un Núcleo interno sólido, un Núcleo externo “semilíquido”, un Manto inferior sólido, un Manto superior “semilíquido” y la Corteza Terrestre Continental y Oceánica.

La diferencia de estado físico del Núcleo interno y externo, actúa como un dinamo formando el campo magnético terrestre, por otra parte el Manto superior al presentar un estado semilíquido o dúctil, se comporta como un “líquido” generando corrientes convectivas de ascenso y descenso, las cuales influyen en la Corteza terrestre, fragmentándola en numerosas piezas llamadas placas tectónicas, que se mueven unas con respecto a las otras, generando tres límites de placas: zonas de convergencias o subducción (choque de placas), zonas de divergencia (expansión del piso oceánico) y zonas de deslizamiento.

Esta dinámica de la Tierra explica muchos de los procesos geológicos como lo es el ciclo de las rocas, la tectónica de placas y la formación de montañas plegadas, el vulcanismo y los yacimientos minerales,

El ciclo de las rocas inicia con la formación de las rocas ígneas por el ascenso del magma del manto superior a la superficie, dando origen a las rocas ígneas intrusivas si se enfría en el interior de la Tierra y las rocas ígneas extrusivas o volcánicas si sale a la superficie, estas rocas se asocian a la formación de yacimientos minerales y se forman en las zonas de convergencia y divergencia, posteriormente las rocas son disgregadas en fragmentos que se sedimentan para posteriormente cementarse o compactarse y dar origen a las rocas sedimentarias detríticas y químicas, finalmente mediante un proceso orogénico las rocas pueden transformarse por presión, temperatura y soluciones químicamente activas en rocas metamórficas – metamorfismo regional, cataclástico y de contacto.

También analizamos la formación de montañas plegadas producto del choque de placas llamadas zonas de convergencia o subducción, ejemplo de montaña plegada en México es la formación de la Sierra Madre Oriental producto de la Orogenia Laramide.

En cuanto al vulcanismo, éste puede ser de carácter efusivo, extrusivo o explosivo, lo cual depende de la composición química del magma y el grado de viscosidad o fluidez del magma. En nuestro país tenemos la formación del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Occidental producto de la actividad volcánica que está asociada a la zona de subducción de toda la costa del Pacífico entre el Estado de Jalisco y Chiapas.

Finalmente, los yacimientos minerales, la gran mayoría están asociados a la actividad volcánica, razón por la cual México ocupa un lugar importante en la minería.

Todo esto nos lleva a promover una cultura de prevención de desastres naturales sísmicos y volcánicos y valorar la importancia de los recursos minerales y la conservación del medio.

2. FUERZAS EXTERNAS

En el tema anterior analizamos el interior de la Tierra, mediante la información que nos proporciona la sismología se deduce que el manto superior o Astenosfera es semilíquido lo que genera corrientes convectivas que fracturan a la corteza terrestre, separándola formando nueva corteza oceánica o provocando un choque entre estas placas, esto se refleja en la formación de montañas plegadas, el vulcanismo, la sismicidad y los depósitos minerales, todo esto como parte de las fuerzas internas de nuestro planeta.

Ahora le toca el turno a las fuerzas externas, ¿cuáles son esas fuerzas externas?, esto en parte tiene que ver por ejemplo con las diferentes condiciones de temperatura y humedad que encontramos en distintos lugares, no es lo mismo ir de vacaciones a la playa en Cancún que la de Anchorage en Alaska, o estar en el desierto de Sonora, o así como ir a la Estación Vostok (investiga dónde está).

2.1. Intemperismo

¿Qué es el intemperismo?, ¿por qué se denominan procesos externos? Si no lograste responder a estas sencillas preguntas tendrás que hacer el siguiente ejercicio, lo primero es tener una buena cena (es parte de la actividad) y cuando termines tomas un cuaderno, un par de lápices, un buen cobertor y te subes a la azotea de tu casa y ahí permaneces por 24 horas, tomas nota de tu experiencia en estas veinticuatro horas, seguramente te quedará muy claro qué es el intemperismo, “*estar a la intemperie*”, de esta experiencia puedes deducir los dos elementos del intemperismo que son la temperatura y la humedad.

Otra manera de percibir el intemperismo es el hecho de que en casa en ocasiones con cierta frecuencia tenemos que cambiar o reparar el repellado de cemento o yeso, o bien, el tabique que literalmente se desintegró, el elemento que actuó ahí en la pared de nuestra casa para desintegrarla fue la humedad.

Intemperismo es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y los efectos de la materia orgánica, razón por la cual la superficie terrestre cambia continuamente por el intemperismo o **meteorización**, la roca se desintegra, se descompone y es transportada o erosionada a zonas de menor elevación por la gravedad, el agua, el hielo o el viento, lo cual modela el paisaje físico de la Tierra.

El intemperismo y la erosión se denominan procesos externos, porque ocurren en la superficie terrestre y porque son producto de la energía del Sol directa e indirectamente.

Los procesos externos son parte del ciclo de las rocas porque son los responsables de la transformación de la roca sólida – ígnea, metamórfica o misma sedimentaria- en sedimentos que posteriormente se cementan o compactan para convertirse en una roca sedimentaria detrítica o bien formar parte del suelo.

El intemperismo se produce cuando la roca es fragmentada mecánicamente (desintegrada) o alterada químicamente (decompuesta), siempre actúan de manera combinada, por lo que se divide en intemperismo físico o mecánico e intemperismo químico.



Figura 108. Intemperismo, disgregación de rocas.

Como ya lo percibiste en la actividad al inicio de este tema, los elementos del intemperismo son la temperatura y la humedad y ¿cuáles son los factores de intensidad?, esto quiere decir de qué depende que sea tan intenso o rápido el intemperismo, bueno pues esto depende del tipo de roca y clima.

Vamos entonces a analizar cada uno de estos tipos de intemperismo.

Intemperismo físico o mecánico

Aquí la roca se fragmenta en porciones más pequeñas sin modificar la composición mineral de la roca, hay tres procesos físicos que provocan su fragmentación: por cambios de temperatura, por gelifracción y el efecto mecánico de las plantas.

- Disgregación de las rocas por cambios de temperatura, el calentamiento y enfriamiento diario de la roca produce expansión y contracción, o bien, dilatación y reducción de los minerales de una roca con índices de expansión diferentes, lo cual termina disgregándola, aquí lo relevante es determinar dónde se produce la mayor oscilación térmica, es decir, la mayor diferencia de temperatura entre el día y la noche. Para entender este punto preparen sus maletas que nos vamos de vacaciones, perdón de práctica de campo, es importante retomar los conocimientos de las consecuencias térmicas por la forma de la Tierra, lo que son las zonas cálidas, templadas y frías ¿en cuál tendremos la mayor oscilación térmica? Bueno, pues nuestro primer lugar de vacaciones será en pleno verano a la estación Vostok en la Antártida, si bien nos va, tendremos temperaturas de entre -40° y -55° C.

¿Cuál es su diferencia de temperatura? _____ Relativamente da igual aunque tuviéramos una cálida noche con -10°C . Nuestro segundo lugar para vacacionar serán las hermosas playas de Xcaret en Quintana Roo, el Caribe mexicano, aquí vamos a tener de 35°C a 42°C , cálido, cálido, ¿cuál es su diferencia de temperatura? _____ y finalmente vamos a acampar en el desierto de Mojave, California, aquí durante el día podemos tener 38°C y por las noches de invierno llegar a -5°C . ¿Cuál es su diferencia de temperatura? _____.

¿Cuál es la localidad con mayor oscilación térmica, de los ejemplos citados?

- Gelifracción o gelivación. Es el rompimiento de las rocas cuando el agua infiltrada se congela, este proceso continuo de congelación y deshielo fractura a la roca, recordando que cuando el agua se congela aumenta su volumen por lo cual ejerce una tremenda presión en el interior de la roca, fracturándola. Esto es muy común en las zonas de alta montaña y en todas aquellas latitudes medias y altas cercanas a los círculos polares donde tenemos deshielo y congelación.
- Efecto mecánico de las plantas. Algunos autores lo manejan como actividad biológica, aquí el principal protagonista, aunque tal vez el menos en relación a los dos anteriores, es la acción de las raíces de los árboles que penetran por las fracturas en busca de humedad, agua y nutrientes conforme crece, resquebrajan la roca. También suele considerarse la acción del hombre en busca de minerales o en obras de construcción como carreteras, que promueve la disgregación de las rocas.

Intemperismo químico

En este caso se descompone o se altera químicamente la roca, mediante la disolución – hidrólisis y la oxidación:

- *Por oxidación*, la alteración más común en este planeta es justamente la oxidación, hemos visto cómo los objetos de hierro expuestos a la intemperie se oxidan, este tipo de reacción química se produce cuando se pierden electrones de un elemento. En rocas que contienen minerales ferromagnesianos como el olivino, el piroxeno y la hornblende este intemperismo químico es el más importante. Sin embargo, la oxidación también va acompañada de un proceso de hidrólisis, aquí el grupo mineral más común, el de los silicatos, se descomponen mediante este proceso de hidrólisis que es la reacción que se produce de cualquier sustancia con el agua.
- *Por disolución*, recordando que el disolvente universal es el agua, la caliza y el mármol son las más afectadas por este tipo de intemperismo, las calizas son disueltas y transportadas por las aguas subterráneas formando las maravillosas cavernas con sus estalactitas y estalagmitas, que previamente ya te sugerimos visitar en nuestro primer núcleo temático. La fuerza corrosiva del agua aumenta conforme aumenta su acidez, cuando el agua de lluvia disuelve parte del dióxido de carbono presente en la atmósfera se crea el ácido carbónico que acelera el intemperismo químico de las rocas.

2.2. Suelo

¿Qué es el suelo?, ¿cómo se forma?, ¿qué utilidad tiene?, ¿quién estudia los suelos?, el suelo, es aquella parte del **regolito** que sustenta a las plantas, producto del intemperismo de las rocas y adicionado con **humus** que son restos descompuestos de la materia orgánica (animal y vegetal), junto con una proporción de agua que contiene los nutrientes solubles y la humedad necesaria para el sustento de la vida vegetal y el aire. La proporción de estos cuatro componentes, siempre presentes, hacen la diferencia en la diversidad de suelos. Alrededor de la mitad del volumen total de un suelo de buena calidad está compuesto por una mezcla de roca desintegrada y descompuesta ($\pm 45\%$) y de humus ($\pm 5\%$), la otra mitad son poros donde circula el agua y el aire.



Figura 109. Perfil de un suelo.

La **edafología** es la ciencia que estudia la composición, estructura y propiedades de los suelos, sus orígenes y su evolución debido a factores climáticos y biológicos, a partir del análisis del **perfil del suelo**, que es la sucesión de las diversas capas de un suelo desde la superficie hacia abajo hasta alcanzar la roca madre inalterada. Las distintas capas son llamadas **horizontes**, que son analizadas con objeto de determinar su composición química, la granulometría de sus elementos, su contenido de materia orgánica, en humos, oligoelementos, etcétera; se estudian entonces las influencias climáticas, geológicas y biológicas que han conducido a la formación de los distintos suelos y que permiten clasificarlos.

Un suelo en el cual se desarrolla el perfil completo, se llama **suelo maduro**, un perfil completo presenta un **horizonte A** que contiene la mayor parte de materia orgánica, humus, que aumenta la capacidad del suelo de retener agua que proporciona nutrientes solubles y junto con algunas bacterias que se multiplican y toman nitrógeno del aire que es esencial para las plantas. Aquí las raíces penetran, admitiendo aire y contribuyendo a la circulación del agua, junto con gusanos, lombrices y otros animales escavadores, la materia orgánica en la parte superior del suelo experimenta actividad química, que es muy intensa en las regiones cálidas, las soluciones ácidas penetran hacia abajo disolviendo así materiales que son arrastrados por el agua del subsuelo o bien depositados en la capa B; la capa siguiente bajo ésta, pobre en contenido orgánico y rica en arcilla, es el **horizonte B**; más abajo se encuentra una capa irregular que contiene residuos de la roca madre, **horizonte C**, que es la fuente de la materia mineral intemperizada a partir de la cual se desarrollará el suelo.

Generalmente cada horizonte es divisible en dos o más fracciones distintas.

Los factores formadores del suelo son:

El tipo de roca, el tiempo de exposición al intemperismo, el **clima** que es el de más influencia, la presencia de plantas y animales y la topografía o pendiente del terreno.

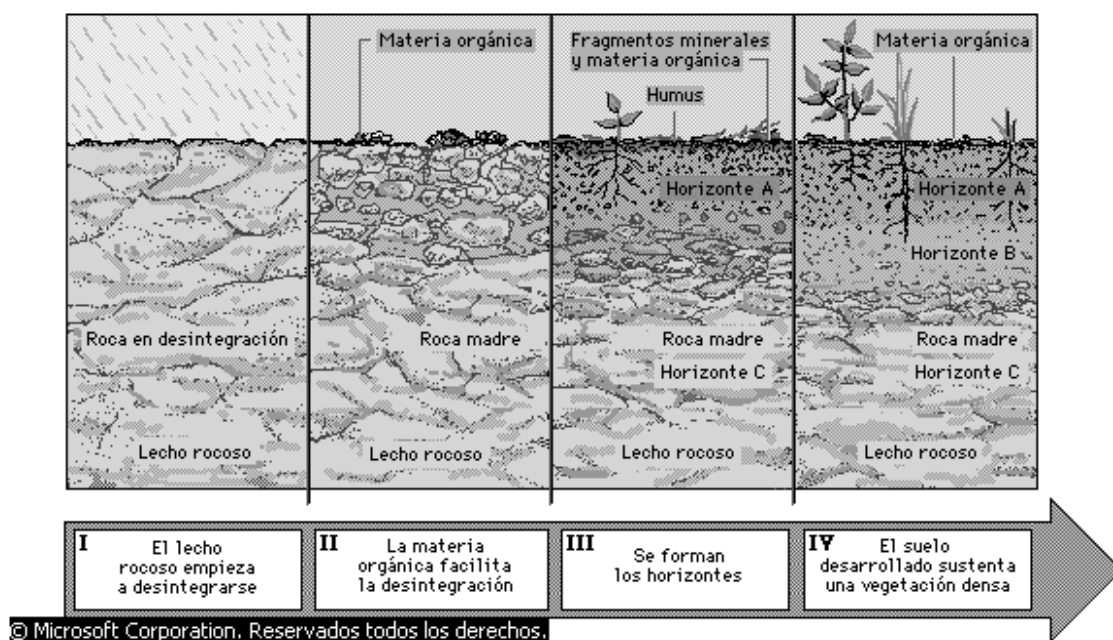


Figura 110. Etapas de la formación del suelo. La formación del suelo es un proceso en el que las rocas se dividen en partículas menores mezclándose con materia orgánica en descomposición. El lecho rocoso empieza a deshacerse por los ciclos de hielo-deshielo, por la lluvia y por otras fuerzas del entorno (I). El lecho se descompone en la roca madre que, a su vez, se divide en partículas menores (II). Los organismos de la zona contribuyen a la formación del suelo desintegrándolo cuando viven en él y añadiendo materia orgánica tras su muerte. Al desarrollarse el suelo, se forman capas llamadas horizontes (III). El horizonte A, más próximo a la superficie, suele ser más rico en materia orgánica, mientras que el horizonte C contiene más minerales y sigue pareciéndose a la roca madre. Con el tiempo, el suelo puede llegar a sustentar una cobertura gruesa de vegetación reciclando sus recursos de forma efectiva (IV). En esta etapa, el suelo puede contener un horizonte B, donde se almacenan los minerales lixiviados.

Factores formadores del suelo

El suelo es el producto de la interacción de diversos factores como:

- La *roca madre*, es quien da la materia mineral meteorizada y es el factor fundamental en la formación del suelo. El tipo de roca madre influye en la velocidad de meteorización y en la formación y componentes del suelo, aquí es importante recordar la clasificación de las rocas según su origen en ígneas, sedimentarias y metamórficas.
- *Tiempo*, responsable de todo proceso geológico, cuanto más tiempo ha transcurrido formándose un suelo, mayor probabilidad de ser más grueso y menos se parece a la roca madre, dependiendo también de otros factores como el tipo de roca y el clima.
- *Clima*, considerado junto con el tipo de roca factor influyente en la formación del suelo. Las variaciones de temperatura y precipitación determinan el tipo de intemperismo, así como la velocidad y profundidad del intemperismo.
- *Relieve*. Las variaciones topográficas influyen notablemente, por ejemplo la pendiente influye en la velocidad de erosión y el contenido de agua del suelo. En pendientes empinadas los suelos suelen ser delgados, con poca humedad, aquí la erosión suele ser acelerada por la pendiente empinada, en tanto que en zonas más planas los suelos suelen ser mas gruesos y oscuros, por estar mal drenados y anegados, el color oscuro se debe a la gran cantidad de materia orgánica que contiene. Aquí la erosión es mínima.
- *Plantas y animales*. En los suelos bien desarrollados, la importancia de la vegetación para el tipo de suelo es parte de la descripción utilizada por los científicos. Por ejemplo suelo de bosque, suelo de pradera o suelo de tundra. Las plantas más que los animales y microorganismos, como los hongos, las bacterias y los protozoos unicelulares proporcionan materia orgánica al suelo, la cual suministra los nutrientes importantes a las plantas. La fertilidad del suelo está relacionada en parte con la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. Además, ciertos microorganismos tienen la capacidad de convertir el nitrógeno atmosférico en nitrógeno del suelo, lo cual influye en su fertilidad. Las lombrices de tierra se alimentan de materia orgánica, con lo cual mezclan, mueven y enriquecen muchas toneladas de suelo al año. Las madrigueras y agujeros contribuyen al paso del agua y aire a través del suelo.

Clasificación de los suelos

Existe una gran variedad de suelos en función de los factores formadores de suelos, sin embargo, existe un estándar internacional taxonómico de sistema de clasificación de suelos respaldado por la Internacional Union of Soil Sciences (IUSS), la World Reference Base for Soil Resources (WRB: acrónimo en inglés) Base Referencial Mundial para Recursos del Suelo), la WRB adopta conceptos de la Soil Taxonomy del USDA, del mapa mundial de suelos de FAO 1988, de conceptos franceses de "Référentiel Pédologique" y de la ciencia del suelo rusa.

Para darnos idea de la enorme variedad de suelos la Taxonomía del suelo de los Estados Unidos reconoce 12 órdenes de suelo y 19000 series de suelo.

Los nombres son descriptivos, combinaciones de sílabas las cuales derivan del latín o del griego, ejemplos: **pedocal** suelos ricos en cal (del griego *pedo* = suelo, *cal* = añadiendo la primera sílaba de la palabra calcio), **pedalfer** suelos ricos en hierro y arcillas (símbolos del aluminio y hierro, añadidos a la raíz), **aridosol** (del latín *aridus* = seco, y *solum* = suelos) son suelos de las regiones áridas, **inceptisol** (del latín *inceptum* = comienzo, y *solum* = suelo) son suelos con sólo el comienzo del desarrollo del perfil.

Los suelos se agrupan de la siguiente manera:

- *Suelos no evolucionados*: parecidos a la roca madre. Poco alterados y casi sin humus: suelo poligonal, regosuelo, litosuelo, etcétera.
- *Suelos poco evolucionados*: con alteración superficial y un horizonte humífero: suelo calcimorfo, rendzina, chemoziom, suelo castaño, vertisuelo, etcétera.
- *Suelos evolucionados*: que constan de tres horizontes netamente individualizados: mor, podzol, mollisol, suelos pardos, suelos lixiviados, ferruginoso, ferralítico, etcétera.
- *Suelos varios*, influenciados por algún factor particular: suelos hidromorfos, gley, solonchak, etcétera.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 12

Es importante valorar al suelo como un recurso inherente a las zonas de cultivo o bosques de ahí su importancia en evitar su contaminación o erosión. Para ello te solicitamos realizar lo siguiente:

- I. Investiga los siguientes órdenes básicos de suelo, sus características y distribución para que puedas completar el cuadro comparativo.

SUELO	DESCRIPCIÓN	DISTRIBUCIÓN
Alfisoles		
Andisoles		
Aridosoles		
Entisoles		
Gelisoles		
Histosoles		
Inceptisoles		
Mollisoles		
Oxisoles		
Spodosoles		
Utilisoles		
Vertisoles		

- II. Consulta un mapa de México o una carta Edafológica de INEGI y determina cuál es el tipo de suelo de tu localidad. Argumenta tu respuesta.

AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Existe una gran variedad de suelos, tanto por su aspecto, el grado de fertilidad y sus características químicas que depende de los minerales y materia orgánica que contenga.

Su clasificación resulta muy amplia y compleja, puede por ejemplo el color ser uno de los criterios más simples para su clasificación, lo cual es indicativo de algún mineral o presencia de materia orgánica, por ejemplo los suelos oscuros suelen ser más fértiles que los claros, por la presencia de materia orgánica, los suelos rojizos suelen contener óxidos de hierro, indicio de que el suelo está bien drenado, no es húmedo en exceso y es fértil; los suelos amarillentos tienen escasa fertilidad, los suelos grisáceos pueden tener un exceso de carbonato de calcio.

También la textura influye en su clasificación y está en función de la proporción de arena, limo y arcilla.

Como podrás apreciar y si es que realizaste una buena investigación, la clasificación de los suelos es muy variada y amplia, incluyendo pequeñas variaciones en los nombres pero que resulta ser el mismo tipo de suelo como por ejemplo el aridisol es lo mismo que aridosol, por lo cual el recuadro de los suelos y su descripción de la Actividad de aprendizaje 12 solo es una muestra de una gran variedad de suelos.⁶

Andisoles, andosoles: es el suelo negro que hay en los volcanes y sus alrededores. Se desarrollan sobre cenizas y otros materiales volcánicos ricos en elementos vítreos. Tienen altos valores en contenido de materia orgánica, sobre un 20 por ciento, además tienen una gran capacidad de retención de agua y mucha capacidad de cambio. Distribución: Se encuentran en regiones húmedas, del ártico al trópico, y pueden encontrarse junto una gran variedad de vegetales.

Entisol: horizonte ninguno o rudimentario; se forma en tierras de aluvión húmedas; fertilidad buena; se distribuye en valles fluviales, como por ejemplo el Nilo, el Yangtzé, el Huang He (Amarillo).

Gelisoles: suelos jóvenes con poco desarrollo del perfil que se encuentra en regiones con pergelisol. Las bajas temperaturas y las condiciones de congelación durante gran parte del año retrasan los procesos de formación del suelo.

Vertisol: horizonte ninguno; alto contenido de arcilla hinchable; fertilidad buena; distribución en pastizales de regiones estacionalmente secas, como por ejemplo India, Sudán, Texas.

Inceptisol: horizonte incipiente; se forma en superficies de tierras jóvenes, fertilidad variable; distribución en todo el mundo, aunque más común en regiones montañosas.

Aridisol: horizonte diferenciado, especialmente el horizonte de arcilla; fertilidad buena con riego; distribución en regiones desérticas de todo el mundo.

Molisol: horizonte diferenciado, con horizonte de gruesa superficie orgánica oscura; fertilidad excelente, especialmente para cereales; distribución en grandes praderas, pampas argentinas, estepas rusas.

⁶Tomado de Microsoft® Encarta® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Espodosol: horizonte diferenciado, con concentraciones de materias orgánicas, aluminio y hierro; fertilidad buena, especialmente para trigo; distribución bosques septentrionales de Europa y Norteamérica.

Alfisol: horizonte diferenciado, especialmente el horizonte de arcilla. Fertilidad deficiente, requiere fertilizantes. Regiones húmedas y templadas de Norteamérica y Europa

Ultisol: horizonte diferenciado, altamente lixiviado con horizonte de arcilla ácida; fertilidad deficiente, requiere fertilizantes orgánicos; distribución subtrópicos húmedos, como por ejemplo el sureste de EEUU, India, regiones medias de Perú y Brasil.

Oxisol: horizonte no diferenciado, con brillantes rojos y amarillos debido a los minerales ferrosos; fertilidad deficiente, requiere fertilizantes; distribución: trópicos húmedos, en especial las cuencas del Amazonas y del Congo.

Histosol: horizonte no diferenciado, drenaje deficiente, el más alto contenido de carbono orgánico que todos los demás suelos; fertilidad variable; distribución en regiones húmedas, tanto frías (turberas) como cálidas (pantanos) de todo el mundo.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres MEXICO

2.3. Erosión

¿Qué es la erosión?, ¿cuántos tipos de erosión conoces? Este tema lo vamos a aprender viajando por México y el mundo.

Erosión es el conjunto de procesos que disgregan o disuelven y transportan a las rocas de un lugar a otro, la erosión se refiere al transporte de los fragmentos de rocas de todos tamaños y del suelo, los agentes de la erosión son el aire y el agua en sus diversas manifestaciones como lo es la lluvia, los ríos, el oleaje, un glaciar y el agua infiltrada.

Vamos a analizar cada uno de estos tipos así que a preparar nuestra maletas e irnos de viaje.

- **Erosión pluvial – fluvial**, estas dos van conjuntas, su agente es el agua de lluvia, cuando llueve comienza a deslavarse la superficie acarreado los detritos mientras mayor sea la cantidad de agua que llueve o la pendiente, de mayor tamaño serán los fragmentos acarreados, conforme se van juntando las pendientes se van formando arroyos que a su vez se juntan con otros y se van formando los ríos hasta que finalmente desembocan en el mar. Esta erosión es más visible en las crecidas en los márgenes de los ríos cuando observamos el cambio de forma o de curso del río que provoca la formación de cañones y barrancos. Aquí tendríamos que visitar cualquier cuenca hidrográfica, por ejemplo en la vertiente del Pacífico el río Santiago en el Estado de Nayarit, o el río Suchiate, en Chiapas; en la vertiente del Golfo de México en temporada de huracanes cualquier río Tonalá o Coatzacoalcos demuestra el arrastre de sedimentos y la formación de las planicies de inundación o el maravilloso cañón del sumidero en el río Grijalva.



Figura 111. Cañón del Sumidero.

- **Erosión marina**. Este tipo de erosión la provoca principalmente el oleaje y en menor proporción las corrientes marinas en la línea de costa, transportando los sedimentos de las playas para modificar su forma y generar barras y bancos de arena, también con el tiempo erosionan los acantilados. Aquí visitaríamos Cabo San Lucas, Baja California Sur, para apreciar el desgaste de acantilados.



Figura 112. Cabo San Lucas.

- Erosión glaciar.** Este tipo de erosión es el producto de la acumulación del agua en estado sólido como hielo o nieves que forma los glaciares, ya sea en las zonas polares o en las altas montañas. Si se da en un valle, cuando se retira el glaciar forma un valle en U por tener esta forma y deja un depósito de fragmentos muy angulosos y de diversos tamaños llamado morrenas terminales en la zona de deshielo del glaciar, o bien, morrenas de fondo que se sitúa bajo el hielo, en contacto con el lecho rocoso. Así que ahora nos iremos de vacaciones bien abrigados a Alberta, Canadá para tomar unas buenas fotos de las morrenas del glaciar Victoria al formar el lago Louise.



Figura 113. Morrena en el Lago Louise en Alberta, Canadá, del glaciar Victoria.

- Erosión subterránea o cárstica o kárstica,** ocurre cuando el agua infiltrada en el subsuelo disuelve la roca, principalmente calizas, y forma cavernas o grutas y dentro de ellas estalagmitas o estalactitas. Suele hacer también ríos subterráneos formando oquedades llamadas Karst, que es un tipo de erosión muy común en la Península de Yucatán. Los lugares a visitar son el río subterráneo de Xcaret, situado en la rívera maya a 5 km, de playa del Carmen en Quintana Roo, México. También visitaremos las Grutas de García en Monterrey, Nuevo León.



Figuras 114 y 115. Xcaret, río subterráneo en Quintana Roo (izquierda). Grutas de García, en Nuevo León (derecha).

- **Erosión eólica**, su agente de formación es el viento y se da principalmente en los desiertos en donde el viento levanta las partículas de arena que golpean a otras rocas, devastándolas y transportándolas para depositarlas en otro lugar, originando las dunas, las rocas hongo y algunos arcos. Preparen maletas, tendremos que viajar al desierto de Atacame en Chile que es el más árido del mundo, se encuentra situado sobre el Trópico de capricornio al igual que el desierto del Kalahari o el gran desierto australiano (Gran Desierto de Victoria, Gran Desierto Arenoso, Desierto de Gibson, etcétera), o el desierto de Sonora en México.



Figura 116. El Valle de la Luna, visto cerca de San Pedro de Atacama



Figura 117. Desierto del Kalahari en Botswana, África.

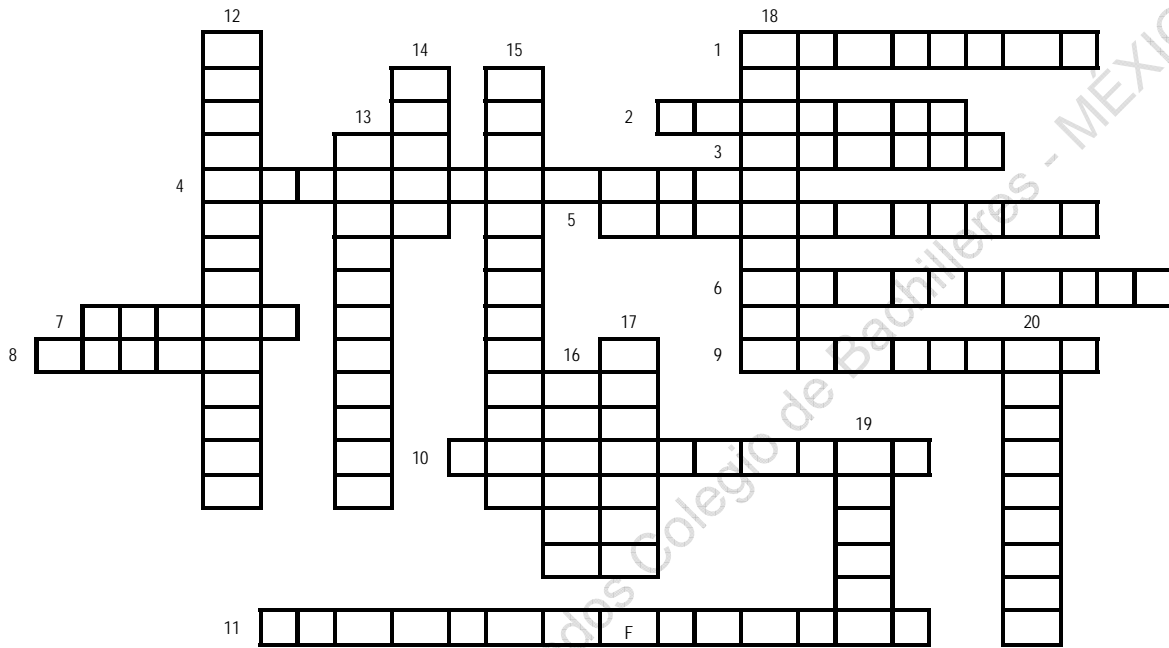
En algunos libros suelen hablar de una **erosión antrópica**, que tiene que ver con la actividad del hombre, desde lo que es la agricultura, la devastación de la superficie para dar paso a la construcción de edificaciones o bien minas a cielo abierto.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 13

Para concluir exitosamente el estudio de este tema, además de valorar si estás desarrollando tus habilidades de análisis y síntesis:

I. Resuelve el siguiente crucigrama de fuerzas externas.



Horizontales:

- 1.- El intemperismo y la erosión se denominan procesos...
- 2.- Los depósitos de fragmentos angulosos y de diversos tamaños llamados morrenas son característicos de la erosión...
- 3.- La fragmentación mecánica de las rocas se le conoce como intemperismo...
- 4.- La alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y los efectos de la materia orgánica se le conoce como...
- 5.- Un suelo en el cual se desarrolla el perfil completo se llama...
- 6.- Nombre que recibe al rompimiento de las rocas cuando el agua infiltrada se congela.
- 7.- Materia que sustentó a las plantas.
- 8.- A los restos descompuestos de la materia orgánica en el suelo se les llama...
- 9.- Nombre del suelo de regiones áridas.
- 10.- Nombre que reciben las distintas capas del suelo.
- 11.- Tipo de erosión que se presenta en el cañón del Sumidero en el río Grijalva.

Verticales:

- 12.- Sucesión de las diversas capas de un suelo desde la superficie hacia abajo hasta alcanzar la roca madre.
- 13.- Es un elemento del intemperismo.
- 14.- Factor de intensidad del intemperismo.
- 15.- Al intemperismo también se le conoce como...
- 16.- Erosión provocada principalmente por el oleaje.
- 17.- Factor formador del suelo que influye por la pendiente del terreno.
- 18.- Ciencia que estudia la composición, estructura y propiedades del suelo.
- 19.- La formación de dunas y rocas hongo son propias de la erosión...
- 20.- Alteración más común en este planeta y que forma parte del intemperismo químico.

AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

En el presente tema, la actividad de aprendizaje sobre el suelo te permite recordar lo siguiente:

El INTEMPERISMO y la erosión se denominan procesos EXTERNOS, porque ocurren en la superficie terrestre.

El Intemperismo o METEORIZACIÓN se clasifica en físico o químico. El intemperismo FÍSICO implica cambios de temperatura, GELIVACIÓN y el efecto mecánico de las plantas.

El intemperismo químico es la OXIDACIÓN y la disolución de los materiales.

Los elementos del intemperismo son la TEMPERATURA y la humedad; los factores de intensidad son: el tipo de roca, el CLIMA y la vegetación.

La materia que sustenta a las plantas es el SUELO y la ciencia que lo estudia es la EDAFOLOGÍA.

La sucesión de capas desde la superficie hasta alcanzar la roca madre se le conoce como PERFIL DEL SUELO y cada capa son HORIZONTES, si se desarrolla un perfil completo se conoce como SUELO MADURO. Un factor que influye por la pendiente del terreno es el RELIEVE.

El suelo, puede contener restos de la materia orgánica llamada HUMUS.

Los suelos se nombran en función de su composición o localidad, como ejemplo los suelos de regiones áridas se llaman ARIDOSOL.

La erosión es el transporte de los materiales y se clasifica según sea el elemento de transporte agua o viento en: erosión PLUVIAL-FLUVIAL, MARINA, GLACIAR, subterránea o EÓLICA.

RESUMEN

En el núcleo temático anterior analizamos las **fuerzas internas** producto de la dinámica de la estructura interna, ahora se analizaron las fuerzas externas, como lo es el intemperismo y la erosión y la formación del suelo.

El intemperismo es estar expuesto a la intemperie, es decir, a los efectos de la temperatura y la humedad. El intemperismo se clasifica en intemperismo físico e intemperismo químico, los cuales siempre actúan de manera coordinada, eso quiere decir que nunca es exclusivamente físico o químico.

El intemperismo se encarga de disgregar las rocas en fragmentos cada vez más pequeños, que en su conjunto contribuye y da origen a los suelos.

Los suelos son la materia que sustenta la vida vegetal, mientras más abundante en minerales, nutrientes y humus tenga, resultan suelos más fértiles para el desarrollo de las plantas, razón por la cual es importante valorar su conservación evitando su contaminación o erosión.

Finalmente, el agua como un agente externo, en sus diversas manifestaciones, ya sea como lluvia, formando ríos, el oleaje y las corrientes marinas, hielo o nieve, o el agua infiltrada en el subsuelo y el viento se encargan de transportar las partículas del suelo y rocas disgregadas por el intemperismo y depositarlas en otro lugar a lo cual llamamos erosión – erosión pluvial-fluvial, erosión marina, erosión glacial, erosión subterránea o erosión eólica- como parte de este proceso de intemperismo – erosión los sedimentos al ser depositados pueden finalmente cementarse o compactarse y dar origen a las rocas sedimentarias detríticas. Es importante destacar la acción modeladora del relieve, de la erosión.

3. FORMAS DEL RELIEVE

¿Qué es el relieve terrestre?, ¿cuáles son las formas del relieve? Llegó el momento de vacacionar, preparen maletas y algo muy importante no olvidar la cámara fotográfica.

El relieve terrestre es el modelado de la superficie terrestre por medio de la tectónica y la erosión, es decir, el resultado de las fuerzas internas y externas, en los núcleos temáticos anteriores ya vimos la influencia de la tectónica y la erosión, bueno pues ahora esas formas resultantes las vamos a clasificar y la manera más sencilla está en función de la morfología y la altura, para conocer con más detalle las formas del relieve y su clasificación vamos a emprender un viaje por la República Mexicana y el mundo.

Es importante recordar que la ciencia que estudia estas formas del relieve es la **Geomorfología** que tiene como ciencia auxiliar a la Geología y es una rama de la Geografía Física y de las Ciencias de la Tierra, aquí se integran conocimientos de ciencias como la Geología, Geofísica, Edafología, Climatología, Hidrología y Glaciología.

Las formas de relieve se dividen en relieve continental y relieve oceánico:

Relieve continental: Llanuras – Mesetas, Montañas y Depresiones.

Relieve oceánico o submarino: Plataforma continental, Talud continental, Llanuras oceánicas, Dorsales y Fosas abisales o Trincheras.

3.1. Relieve continental

Comprende todas las formas del relieve que se desarrollan en los continentes, la realidad es que existe una gran cantidad de términos, aquí vamos a agruparlos en tres conceptos principales Montañas, Llanuras – Mesetas y Depresiones o Cuencas.

Antes de iniciar nuestro recorrido es importante que analices tu entorno ¿qué tipo de formas del relieve prevalecen en los lugares donde acostumbras ir de vacaciones o en el pueblo o rancho de donde son tus familiares? ¿son montañas, llanuras o forma parte de una cuenca? Nuestro viaje va a iniciar por las **Montañas**, que es cualquier elevación del terreno de considerable altura, con mayor pendiente, en ocasiones con formas muy abruptas, aquí utilizamos términos como cumbre, cima, pico o cresta para la parte más elevada, para los costados en donde comienza a disminuir la pendiente: falda, ladera o vertiente y finalmente la base o pie de la montaña.

Una variante en cuanto altura son aquellas elevaciones de no más de 100 metros que no superan \pm 600 metros de altitud y que los denominamos como cerros o colinas, se distribuyen de forma aislada y pueden tener pendientes suaves y redondeadas o formar parte inicial de un conjunto mayor.



Figura 118. Popocatepetl.

A un conjunto de elevaciones les llamamos: Sierras, Montes, Cordilleras, Macizos Montañosos.

La altura de una Montaña es con respecto al nivel del mar, así por ejemplo el Popocatepetl se eleva 5452 msnm, pero en relación a la Ciudad de México se eleva un promedio de 3200 metros.

Normalmente se considera alta montaña la que supera los 3000 metros de altitud. Las mayores elevaciones pertenecen al sistema del Himalaya.

Las montañas se clasifican según su origen, en:

- Volcánicas, como la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, en donde tenemos nuestras máximas elevaciones como lo es el Pico de Orizaba (5747 m), el Popocatepetl (5452 m) y el Iztaccíhuatl (en la cabeza, 5146 m).
- Montañas plegadas por procesos orogénicos, como lo es la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur y el Himalaya, como el más representativo a nivel mundial.
- Montañas tectónicas o montañas de bloque de falla, en zonas de extensión o separación de la corteza, en donde los bloques hundidos forman cuencas (graben), mientras que los bloques elevados (horst) se erosionan y forman montañas accidentadas, un ejemplo es la provincia Basin and Range que abarca todo el Estado de Nevada en Estados Unidos, así como algunas partes del sur de Canadá, y el noroeste de México.

Nuestro siguiente recorrido será por las **Llanuras** o Planicies, son extensiones de terreno plano de escaso desnivel cuya altitud media no supera los 250 metros sobre el nivel del mar, vamos a visitar la Península de Yucatán y toda la costa del Golfo de México, aquí se presentan extensas planicies. Estas planicies son también llamadas bajiplanicies.

Su origen suele ser tectónico, por transgresiones y regresiones marinas como ocurre en toda la costa del Golfo de México, también se habla de planicies de inundación producto del desborde de ríos en zonas planas; planicie fluvio-glacial, son cuerpos de material fluvio-glacial que forman una planicie amplia más allá de la morrena.



Figura 119. La Península de Yucatán es una enorme planicie.

Cuando estas zonas planas superan los 1000 metros se les conoce como **Mesetas** o altiplanos, como en nuestro caso gran parte de la porción centro al norte del país se le conoce como el Altiplano mexicano.

En cuanto a mesetas un ejemplo cercano a la Ciudad de México es tomar la carretera rumbo a Pachuca, de aquí a Zacualtipan y adelante del poblado de Atotonilco y antes de llegar a San Agustín, vamos encontrar un hermoso paisaje de Mesetas volcánicas.

A nivel mundial son dignas de mencionar la meseta tibetana con una elevación promedio de 4500 msnm. O la Meseta del Norte en Nueva Inglaterra, Australia con 1000 m, de altitud.

La siguiente y última forma del relieve continental dentro de esta sencilla clasificación de las formas del relieve son las **Depresiones**, que son zonas de menor altitud que el medio geológico circundante, aquí tenemos dos variantes las depresiones relativas que son desniveles en el área continental, también llamadas **Cuencas Hidrográficas** como por ejemplo el Río Balsas, que nace en el Valle de Puebla en los ríos San Martín y Lahuapán que en su conjunto forman el río Atoyac, que alimenta la presa Manuel Ávila Camacho, más adelante recibe agua del río Mixteco, se integran a esta cuenca hidrográfica la vertiente sur de la cordillera Neovolcánica con los ríos Nexapa, Amacuzac, Cocula, Teloloapan, Alaxuistlán, Cutzamala, Tacámbaro, San Pedro Jorullo y el importante río del Marqués. En el río Ixtapan uno de los formadores del Cutzamala, se localiza la presa Villa Victoria, los vasos de Ixtapantongo y Santa Bárbara y sobre todo el Tilostoc, que integran el sistema hidroeléctrico Ixyapantongo o Miguel Alemán, el río del Marqués, por medio de un estrecho cañón cruza la Sierra Madre del Sur en donde recibe el nombre de río Mezcala hasta la población de Balsas donde toma este nombre para finalmente desembocar en delta en el Pacífico. En este trayecto existen dos presas generadoras de energía hidroeléctrica, la presa Infiernillos que es una de las más grandes del país y la presa José María Morelos o la Villita.

Para cerrar nuestro viaje conociendo las formas del relieve sólo nos falta hablar de las **depresiones absolutas**, que son aquellos lugares continentales que tienen menos altitud que el nivel del mar, son zonas de la corteza que se están separando y provocan este hundimiento, depresión tectónica.

Ahora viajaremos a Jerusalén, en Israel, una vez aquí tomaremos un autobús o vehículo a la Zona arqueológica de Qumran (Lat 31° 44' 28" N y Long 35° 28' 14" E) en donde se localizaron los manuscritos del mar Muerto y que se encuentra a sus orillas la depresión absoluta más profunda con 416 metros bajo el nivel del mar (mbnm.)

Aquí vamos a disfrutar el “*nadar*” un rato, incluso para aquellos que no saben nadar, ya que su hipersalinidad, diez veces más salado que los océanos, impide a una persona hundirse, pudiendo flotar sin ningún esfuerzo, característica que le ha hecho mundialmente popular.



Figura 120. Vista aérea del Mar Muerto

A partir de este punto nos vamos a desplazar unos 108 km, al norte para visitar la ciudad de Nazaret y otros 25 Km para llegar a la localidad de Tiberiades a orillas del Lago Tiberiades, también llamado Mar de Galilea o lago Genesaret, su origen también tectónico, asociado al complejo Valle del Gran Rift africano, se encuentra a 212 mbnm, lo que lo convierte en el lago de agua dulce más bajo del mundo. El siguiente punto es África en el Lago Assal, en Djibouti o Yibuti, ubicado en la cavidad de un cráter en lo que se conoce como la Depresión de Afaro Triángulo de Afar con 155 mbnm, es una región del cuerno de África, donde las placas tectónicas africana y arábiga se están separando. Este lago es el más salado del mundo con un 34.8 % superando al Mar muerto con un 33.7 % de salinidad. Más al norte

tenemos la Depresión de Qattara, situada en el noroeste de Egipto, que es una cuenca arreica con 133 mbnm.

La siguiente depresión por visitar es el Parque Nacional del Valle de la Muerte, al este de la Sierra Nevada en el Estado de California, Estados Unidos. El punto más bajo del Valle de la Muerte, conocido como *Badwater*, está situado a 85,5 m por debajo del nivel del mar, mientras que el Monte Whitney, situado a unos 50 Km, tiene una altura de más de 4.400 msnm. El 23 de julio de 2006 se alcanzó el record de 58,1 °C en la zona de Badwater que, hasta 2007 seguía siendo el récord absoluto de calor en el mundo.

Le seguiría el Mar Caspio, ubicado entre Rusia, Kazajistán, Azerbaiyán, Turkmenistán e Irán, es un lago cerrado o endorreico, es el más extenso del mundo y forma parte de la depresión uralocáspica con 28 mbnm.

Y antes de regresar a casa visitaremos un país europeo, los Países bajos (Nederland) o mejor conocido como Holanda, una tercera parte de su territorio está al nivel del mar o por debajo de éste (1 a 3 m). Sin un drenaje constante sería inundado por el mar y por los numerosos ríos que cruzan su territorio como el Rin, que desemboca en Róterdam, Mosa y Waal.

En 1953 sufrieron una inundación del mar del Norte forzando la evacuación de 70,000 personas, además de la destrucción y muertes. Para evitar que se repita una catástrofe fue puesto en marcha el ambicioso proyecto Plan Delta (en idioma neerlandés: Deltawerken) que unió las desembocaduras del Rin y el Mosa. La obra más destacada del complejo es la Oosterscheldekering que está considerada una de las siete maravillas del mundo moderno por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles.



Figura 121. El más largo de los trece diques del Plan Delta, Países Bajos.

Con esto concluimos nuestras vacaciones y nuestro viaje en busca de formas del relieve, ahora sólo resta organizar y clasificar todo nuestro archivo fotográfico.

Es importante comentar que existen un sin fin de nombres de formas del relieve asociadas a estos términos principales, sólo por citar un par de ejemplos: los valles o cuencas, dentro de una cuenca podemos tener cañones como el cañón del Sumidero o el cañón del Colorado,



Figura 122. Fiordo de Lyse, Preikestolen.

cascadas como las del Niagara, de Iguazú; o Fiordos, que son valles excavados por un glaciar que luego ha sido invadido por el mar, normalmente son estrechos y están bordeados por empinadas montañas. En estas zonas de glaciares podemos tener valles en U y bueno la lista puede crecer y los lugares por visitar son infinitos y maravillosos.

3.2. Relieve oceánico o submarino

El relieve del fondo del océano se clasifica en tres zonas principales, en primer lugar tenemos los márgenes continentales que es una continuidad sumergida del continente, de pendiente suave, que se extiende desde la línea de costa hasta una profundidad promedio de 200 metros y que se llama **Plataforma continental**, esta zona es de gran importancia económica, aquí se localizan grandes yacimientos de gas y petróleo, observarás que en el Golfo de México es más ancha la zona de la Plataforma continental variando de 10 – 15 Km, a poco más de 200 Km, mientras que en el Pacífico es de 5 km en promedio.

¿Quieres conocer más?

Sobre relieve continental.

En un mapa de la República Mexicana y en un planisferio, localiza todos los lugares que se mencionan en el tema Formas del Relieve continental.

En segundo lugar tenemos al **Talud continental**, que inicia en el borde de la Plataforma continental a 200 m hasta una profundidad de 1000 a 4500 m, su pendiente varía de 7° a 25° hasta 60° de inclinación, su relieve es muy abrupto, en el que se encuentran profundos valles y cañones submarinos casi verticales en forma de escarpes que se interpretan como fallas normales, aquí se producen grandes deslizamientos; el volumen de Biomasa disminuye drásticamente. En el Golfo es en promedio de unos 2000 mbnm, mientras que en el Pacífico alcanza los 4000 m.



Figura 123. Plataforma petrolera.

En tercer lugar están las **llanuras o planicies oceánicas**, es el relieve predominante cerca del 80% y son como su nombre lo indica zonas más o menos planas, llanuras o planicies que van de los 2000 a los 6000 m de profundidad. Dentro de esta zona vamos a encontrar las

Dorsales oceánicas, que son zonas de la corteza que se están separando mediante una serie de fisuras llamadas rift por donde sale magma de la astenosfera, que se deposita a ambos lados, creando nueva corteza oceánica, la más representativa es la Dorsal mesoatlántica y en algunos casos formando montañas aisladas como Hawai o Islandia, la energía geotérmica abunda en Islandia por la gran cantidad de volcanes y géiseres.

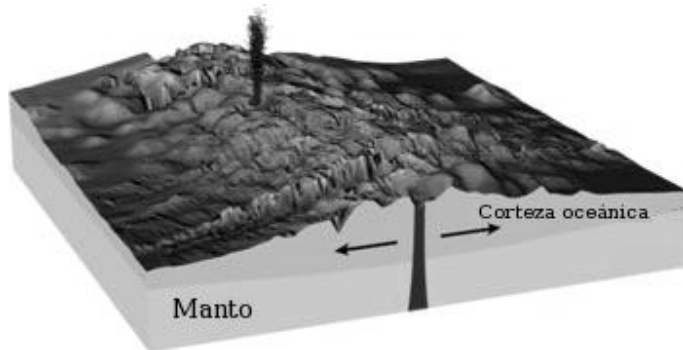


Figura 124. Formación de una dorsal.

Para el caso de México la separación de la Península de Baja California es producto de una dorsal que se está formando en el Golfo de California.

Y por último tenemos a las **fosas abisales, fosas oceánicas o trincheras**, se forman en las zonas de subducción producto del choque de la corteza oceánica (de mayor densidad) que se introduce o subduce, con la corteza continental, como resultado produce una gran depresión. Estas zonas de subducción tienen una intensa actividad sísmica provocada por la compresión y rozamiento entre las placas.

Si las dos placas que colisionan son oceánicas, la actividad volcánica origina un arco de islas, como las Filipinas, Japón, Aleutianas, Islas de la Sonda o las Antillas. (Fosa de las Marianas, Fosa del Japón, Fosa de Puerto Rico).

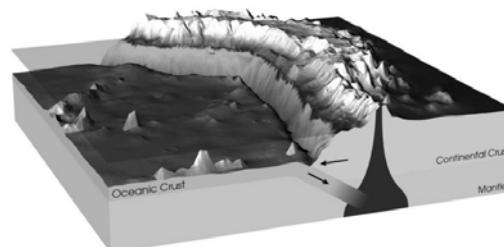


Figura 125. Trinchera.

Si una placa es oceánica y subduce bajo una continental, la actividad volcánica se le conoce como arco volcánico y puede dar origen a un proceso orogénico o formación de montañas plegadas, por ejemplo la placa de Nazca que al subducir bajo la placa Sudamericana originó los Andes (fosa de Perú-Chile).

Un ejemplo en México es la fosa de Acapulco que es el resultado del choque entre la placa de cocos (oceánica) y la de Norteamérica (continental).

Los grandes terremotos y los tsunamis del Japón o de Indonesia (diciembre de 2004) tienen sus orígenes en zonas de subducción.

La fosa más profunda reconocida es el Abismo Challenger o Fosa de las Marianas, en el Pacífico al sur de las Islas Marianas con 11033 mbnm.

En la actualidad es motivo de interés estudiar el fondo oceánico, pues se han localizado fuentes hidrotermales, respiradero hidrotermal o fumarola hidrotermal, asociadas principalmente a dorsales y zonas de subducción, que son grietas por donde fluye agua geotermalmente caliente, en donde los minerales que están disueltos en el fluido se depositan en forma de chimeneas de mineral anhidrita, sulfuros de cobre, hierro y cinc, entre otros, lo cual les confiere una gran importancia económica susceptible de explotación.

3.3. Regiones geomorfológicas y Plataforma continental de la República Mexicana

Al inicio de este núcleo temático se trató la clasificación de las formas del relieve continental que de la manera más sencilla se dividen en Montañas, Llanuras, Mesetas y Depresiones, y al analizar la fisiografía de México se agrupa en las siguientes regiones geomorfológicas de la República Mexicana, en algunos casos se mencionan las subregiones que la integran.

- Sierra de Baja California.
Sierra de San Pedro Mártir.
Sierra de Santa Lucía
Sierra de la Giganta
- Sierra Madre Occidental.
Sierra Tarahumara
Sierra de Tepehuanes
Sierra Mohinora
Sierra de la Breña
Sierras Zacatecas
- Llanura Costera del Pacífico
Llanura Sonorense, Sinaloa y Nayarit

- Altiplanicie Mexicana. Altiplano, se consideran las regiones
Bolsón de Mapimí
Altiplanicie septentrional o Mesa o Meseta del Norte
Altiplanicie meridional o Mesa central o Meseta de Anáhuac
Depresión del Balsas o Austral
- Sierra Madre Oriental. que incluye
Serranías del Burro
Serranías de Parras
Sierra de Santa Catarina
Sierras de San Luis Potosí
Sierra de Hidalgo
Sierra de Puebla
- Eje Neovolcánico o Sistema Volcánico Transversal
- Sierra Madre del Sur
- Sierra de Oaxaca – Puebla o Sierra de Juárez
- Planicie Costera Ístmica-Chiapaneca
- Sierra Madre de Chiapas.
- Meseta central de Chiapas
- Sierra del Norte de Chiapas
Sierra de Lacandones
- Península de Yucatán, planicie costera.
- Llanura Costera del Golfo de México.
Llanura de Nuevo León y Coahuila
Planicie Costera Nororiental
Planicie Costera de Sotavento
Planicie Costera del Sureste

En la siguiente figura te pedimos que observes las variaciones de tonalidades del relieve oceánico en torno a la República Mexicana y te des cuenta de la amplitud de la Plataforma continental en el Golfo de México, esta zona es de suma importancia para el país por sus yacimientos de petróleo, mientras que en el Pacífico es muy pequeña la Plataforma continental, pero aquí es de notar una estrecha y larga franja de más de 4000 mbnm, que corresponde a la zona de subducción producto del choque de la Placa de Cocos con la Placa Norteamericana, formando la fosa de Acapulco.

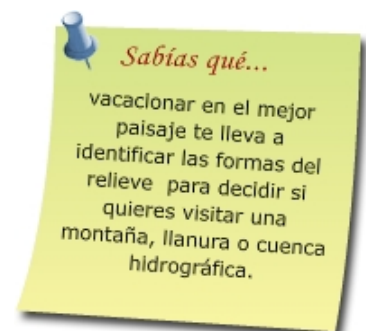




Figura 126. Relieve oceánico de México. Plataforma continental y Talud continental.



Figura 127. Mapa fisiográfico de la República Mexicana.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 14

Con la intención de que contrastes los aprendizajes logrados, además de verificar que desarrollaste las habilidades de observación, abstracción, inducción, análisis y síntesis.

Ubica en un mapa las regiones geomórfológicas de las distintas formas del relieve, los límites de placas, las zonas de vulcanismo y las zonas de sismicidad

Vas a necesitar un mapa de México y un planisferio orográfico con nombres que es donde vamos a registrar toda la información.

Como apoyo utiliza un mapa de México con división política con nombres y un atlas, para orientarnos en la ubicación de algunas localidades, puedes auxiliarte de un atlas impreso, Atlas de Encarta o en Google Maps/Earth.

Antes de iniciar recuerda que su ubicación es aproximada.

1°. Con base en lo revisado en este núcleo temático vas a localizar todos y cada uno de los sitios mencionados en México y en el mundo, su ubicación la marcas en los mapas. Los datos de elevación los vas a indicar con una **x**.

2°. Vas a representar las diversas regiones geomorfológicas del país, marcando en **color café** las Sierras, Llanuras o planicies en **verde**, Altiplanos o mesetas en **amarillo**, áreas volcánicas en **contorno naranja**.

3°. En el mapa de México, señala los límites de placas y los nombres de las placas tectónicas.

4°. Señala con un punto o círculo rojo los dos volcanes activos de México.

5°. Marca las zonas sísmicas y penisísmicas de México.

6°. Incluye imágenes a color de las formas del relieve, indicando su ubicación según la información de la lectura.

Al concluir tu trabajo te darás cuenta de la relación entre los límites de placas y las zonas de vulcanismo activo, zonas de alta sismicidad y las regiones geomorfológicas.

AUTOEVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

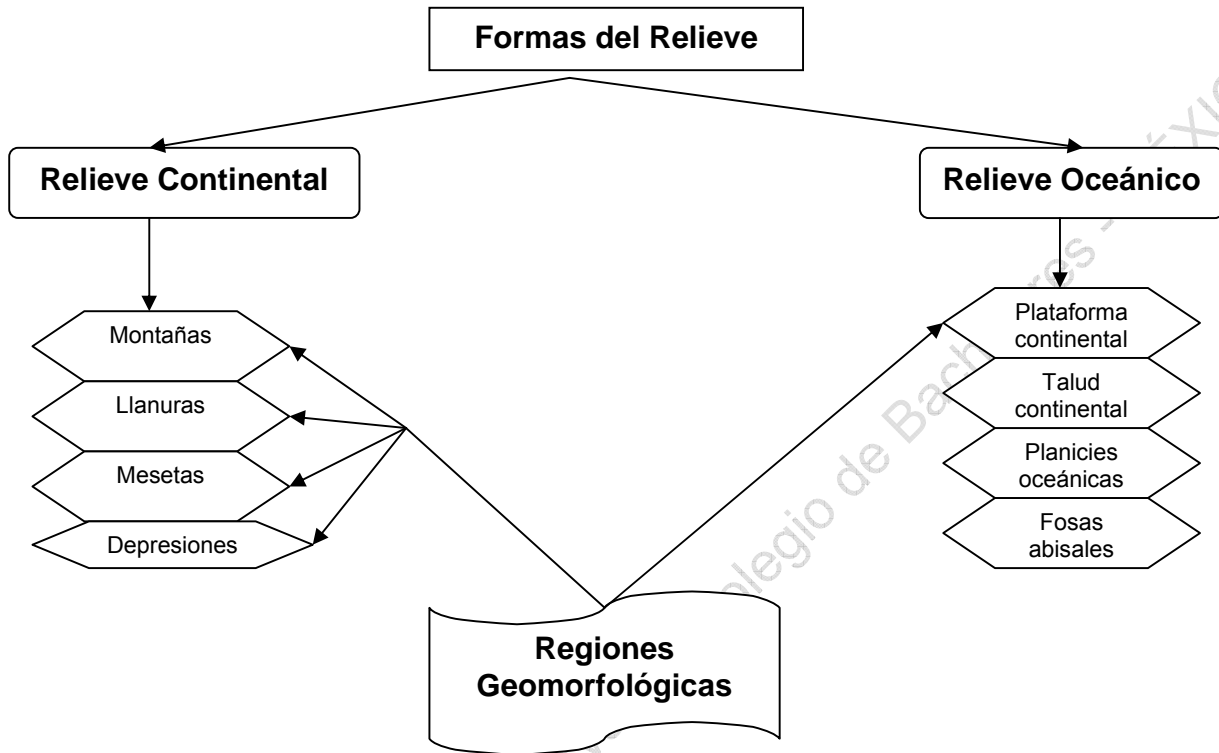
Para verificar tus respuestas es necesario que consultes un atlas impreso o alguna versión multimedia como Encarta o bien en Google eart/map.

Puedes orientarte con el mapa fisiográfico de la República Mexicana.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres - MÉXICO

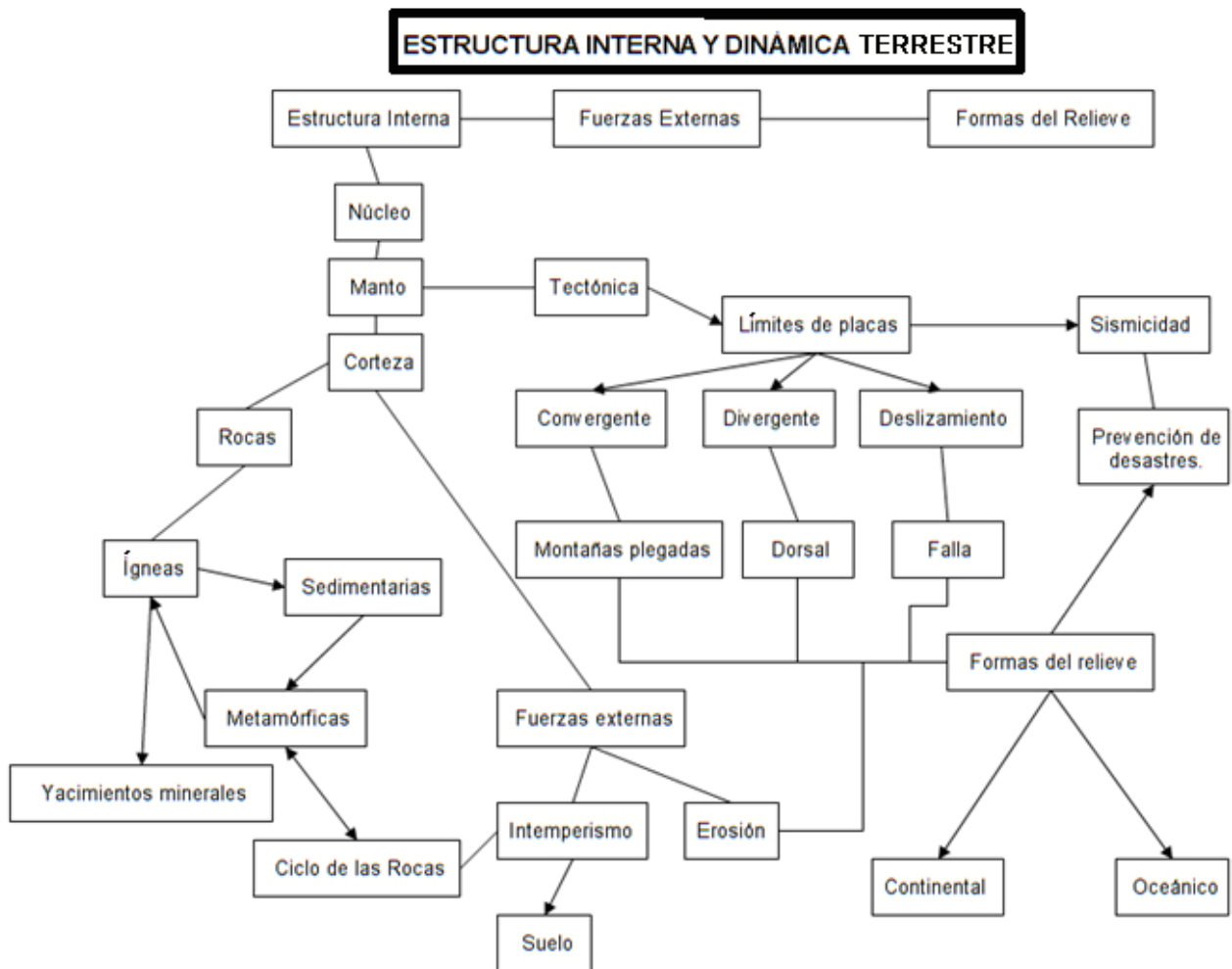
RESUMEN

En este núcleo temático aprendiste lo más importante sobre:



RECAPITULACIÓN

En el Bloque temático dos, debiste haber comprendido todo lo relacionado con:



1ra. Ver. 2010 Dei

ACTIVIDADES DE CONSOLIDACIÓN

Para que puedas aplicar y revisar tus aprendizajes logrados con el estudio de este segundo Bloque temático. Elabora el siguiente proyecto de investigación, tomando en cuenta, lo siguiente:

Diseñar un **tríptico** o **cartel** con alguno de estos temas.

- Reciclado de minerales.
- Conservación del suelo y reforestación.
- Prevención de desastres sísmicos y volcánicos.

Características del trabajo:

Relación entre los procesos dinámicos internos y externos de la Tierra y los recursos minerales y edáficos; y las zonas de riesgos sísmicos y volcánicos.

Explica el proceso tectónico y de gradación que da origen a las rocas, minerales, suelo y zonas de sismicidad y vulcanismo.

Menciona o localiza en un mapa las zonas de explotación de minerales, cultivo y riesgo volcánico y sísmico.

Muestra una postura crítica y reflexiva en el reciclado de minerales, en la conservación del suelo y su reforestación para evitar la erosión y la prevención de desastres sísmicos y volcánicos.

Recomendaciones: Proponer algunas acciones para una cultura del reciclado de minerales, conservación del suelo y prevención de desastres.

Sugerir Sitios Web donde obtener más información.

Se evaluará el uso de TIC, información pertinente y recomendaciones.

Habilidades a desarrollar:

Análisis, síntesis, organización, estructuración y argumentación.

AUTOEVALUACIÓN

Para que puedas valorar los aprendizajes logrados en estas Actividades de Consolidación guíate con la siguiente rúbrica para que puedas revisar y cumplir los criterios establecidos para este ejercicio y en particular comprender “El mundo en que vivimos”.

Alumno: _____ **Grupo:** _____

Criterios	Puntaje cuantitativo			
	Excelente 4 puntos	Bueno 3 puntos	Suficiente 2 puntos	Insuficiente 1 punto
Relaciona los procesos internos y externos de la Tierra, recursos, zonas de riesgo.				
Explica proceso del tema elegido.				
Localización y ubicación				
Postura crítica				
Recomendaciones				
Sugerencias Web				

De 23 a 24 puntos = 10 de calificación

De 20 a 22 puntos = 9 de calificación

De 17 a 19 puntos = 8 de calificación

De 14 a 16 puntos = 7 de calificación

De 11 a 13 puntos = 6 de calificación

De 10 o menos puntos = 5 de calificación

Nota: en los criterios siguientes se describen los tres temas posibles a considerar:

Criterio	Descripción
Relación	Relación entre los procesos dinámicos internos y externos de la Tierra y los recursos minerales y edáficos; y las zonas de riesgos sísmicos y volcánicos.
Puntaje	Descripción.
Excelente	Menciona los vínculos que tiene con los procesos dinámicos internos y externos de la Tierra con el tema a desarrollar, especificando: ciclo de las rocas, tectónica, límites de placas, vulcanismo, intemperismo, erosión.
Bueno	Sólo menciona si es un proceso dinámico interno y externo sin especificar.
Suficiente	Menciona sólo como un proceso geológico.
Insuficiente	No lo menciona

Criterio	Descripción
Explica proceso	Explica el proceso tectónico y de gradación que da origen a las rocas, minerales, suelo y zonas de sismicidad y vulcanismo.
Puntaje	Descripción.
Excelente	Explica el proceso tectónico y de gradación de manera breve y concisa, rocas, ciclo de las rocas, minerales, tectónica, límites de placas, vulcanismo, intemperismo erosión, según sea el caso.
Bueno	Explica el proceso tectónico y de gradación de manera parcial
Suficiente	Menciona sólo como un proceso geológico.
Insuficiente	No lo menciona.

Criterio	Descripción
Localización	Menciona o localiza en un mapa las zonas de explotación de minerales, cultivo y riesgo volcánico y sísmico.
Puntaje	Descripción.
Excelente	Menciona o localiza en un mapa con lujo de detalle la ubicación del proceso geológico vinculado con el estudio a desarrollar.
Bueno	Menciona por Estados.
Suficiente	Señala únicamente por referencia, ejemplo al norte del país.
Insuficiente	No lo menciona.

Criterio	Descripción
Postura crítica	Mostrar una postura crítica y reflexiva en el reciclado de minerales, en la conservación del suelo y su reforestación para evitar la erosión y la prevención de desastres sísmicos y volcánicos.
Puntaje	Descripción.
Excelente	Motiva a la reflexión del reciclado de minerales, en la conservación del suelo y su reforestación para evitar la erosión y la prevención de desastres sísmicos y volcánicos. Anticipa escenarios para destacar su importancia.
Bueno	Sólo reflexiona pero no anticipa escenarios.
Suficiente	Se interesa por el conocimiento del paisaje, pero sin reflexionar.
Insuficiente	No lo menciona.

Criterio	Descripción
Recomendaciones	Propone algunas acciones para una cultura del reciclado de minerales, conservación del suelo y prevención de desastres.
Puntaje	Descripción.
Excelente	Propone varias acciones concretas, aplicables a los tiempos actuales
Bueno	Menciona acciones para una cultura del reciclado de minerales, conservación del suelo y prevención de desastres.
Suficiente	Te sugiere consultes otras fuentes.
Insuficiente	No lo menciona.

Criterio	Descripción
Sitios Web	Propone obtener más información a través de sitios Web.
Puntaje	Descripción.
Excelente	Propone al menos cinco sitios Web y te da breves detalles de su contenido
Bueno	Propone al menos tres sitios Web y te da breves detalles de su contenido
Suficiente	Propone al menos dos sitios Web, pero no da detalles de los mismos.
Insuficiente	No lo menciona.

1ra. Ver. 2010 Derechos Reservados Colegio de Bachilleres - MEXICO